

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

Desenvolvimento de um modelo conceptual para a Análise do Ciclo de Vida (ACV) de tecnologias de tratamento e valorização de óleos usados

Betina Alves Alcobia

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia
da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do
Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente,
Perfil de Gestão e Sistemas Ambientais

Orientadora Prof^ª Doutora Maria Paula Baptista da Costa Antunes

Monte da Caparica, 2009

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Prof^a Doutora Paula Antunes pela orientação fornecida neste trabalho, pelas sugestões de melhoria e pelos conselhos transmitidos.

À Prof^a Doutora Graça Martinho, expresso o meu reconhecimento e agradecimento tanto pela disponibilidade e orientação da dissertação como também por proporcionar a oportunidade de participar no projecto ATVOU.

À Eng^a Ana Pires, agradeço de forma particular, pelas ideias inspiradoras, orientação, apoio, positivismo e motivação nos momentos de desânimo.

Agradeço ao Eng^o Fernando Moita, ao Doutor Aníbal Vicente e ao Doutor Luís Gameiro, da SOGILUB, pelas informações disponibilizadas durante a realização do projecto ATVOU.

Ao Doutor Aquiles Rodrigo, à Doutora Ana Dores, ao Eng^o Nélson Costa, ao Eng^o Luís Costa, ao Eng^o Rui Lopes, ao Eng^o José Costa, ao Eng^o Alejandro Guerrero Altamirano e ao Eng^o Bernardo Furtado de Mendonça agradeço a disponibilidade pelas visitas realizadas nas suas instalações e pelas informações facultadas.

Aos meus colegas de projecto, Catarina Cotrim, Hugo Rosa e Eng^a Luanha Saraiva agradeço encarecidamente o apoio, motivação e amizade demonstrados ao longo de todo o trabalho desenvolvido em conjunto.

Aos meus familiares e amigos agradeço, de forma muito especial, a presença, assim como, todo o apoio e atenção que me deram de forma incondicional e, nomeadamente, pelos inúmeros conselhos, correcções e revisões que ajudaram a finalizar este trabalho.

RESUMO

Os óleos lubrificantes usados são considerados resíduos industriais perigosos, tanto pela legislação europeia como pela portuguesa, que estabeleciam como objectivo prioritário a prevenção da produção destes resíduos, seguida da regeneração e de outras formas de valorização. Porém, vários estudos demonstram que os diversos Estados-Membros da UE não favorecem a regeneração dos óleos usados, mas pelo contrário estão a utilizar os mesmos como combustíveis em instalações industriais. Além disto, verifica-se a ausência de instalações de regeneração em inúmeros países, incluindo Portugal. A nova directiva europeia relativa aos resíduos, que entrou em vigor em 2008 (2008/98/CE) estabelece que quando aplicarem a hierarquia dos resíduos referida na anterior directiva sobre resíduos (2006/12/CEE), os Estados-Membros devem tomar medidas para incentivar as opções conducentes aos melhores resultados ambientais globais, podendo ser necessário estabelecer fluxos de resíduos específicos que se afastem da hierarquia caso isso se justifique pela aplicação do conceito de ciclo de vida aos impactos globais da geração e gestão desses resíduos.

Para colmatar a falta e a desactualização de informação que existe relativamente aos sistemas de gestão dos óleos usados, é necessário recorrer a instrumentos, como a Análise do Ciclo de Vida, que permitem conhecer os impactes ambientais dos diversos processos de tratamento e valorização.

O objectivo inicialmente proposto neste trabalho consistia em fazer uma revisão dos estudos de ACV relativas aos óleos usados, procurando optimizar o sistema de gestão destes resíduos. Em termos metodológicos, procedeu-se à recolha de dados, através da realização de reuniões, visitas às instalações que integram o Sistema Integrado de Gestão dos Óleos Usados e o envio de questionários que permitiram descrever alguns processos e conhecer os aspectos económicos e operacionais inerentes.

A escassez dos dados de base disponibilizados por parte das empresas visitadas, além de demonstrar falta de transparência na actividade do sector, constituiu um obstáculo à construção de uma ACV integral, não sendo possível cumprir o objectivo inicialmente proposto. O objectivo alterou-se assim, para o de desenvolver as bases para futuras ACV aplicadas aos óleos usados, assim como referir os obstáculos encontrados ao longo da execução do projecto que devem ser evitados em estudos futuros.

Assim, no presente trabalho, estão descritos os processos e estão apresentados os fluxogramas para cada indústria, tanto no contexto europeu, como no contexto português. Nestes fluxogramas, estão descritas as entradas de materiais e energia e as saídas de produtos, resíduos e emissões, estando contemplados todos os processos desde a aquisição dos óleos usados aos seus produtores até ao transporte dos produtos e co-produtos para os diferentes destinos de valorização (numa perspectiva do berço ao túmulo). Inclui-se ainda, em alguns casos, o tratamento dado aos resíduos e emissões. Além desta informação ainda se apresentam os dados quantitativos disponibilizados pelas indústrias portuguesas.

Palavras-chave: Óleos lubrificantes usados, Análise do Ciclo de Vida, gestão de resíduos

ABSTRACT

Waste lubricating oils are considered to be hazardous waste, by both European and Portuguese legislation, in which priority was given to the prevention of production of these wastes, followed by the regeneration and other forms of recycling, leaving incineration as a last resource among the different recovery options. However, several studies clearly demonstrate that Member States of the EU do not favour regeneration of waste oils but on the contrary are widely using waste oils as fuel in industrial establishments. Besides this, numerous countries lack regeneration installations, including Portugal. The new European directive on waste, that is in force since 2008 (2008/98/EEC), establishes that when applying the waste hierarchy referred to in the previous European directive on waste (2006/12/EEC), Member States shall take measures to encourage the options that deliver the best overall environmental outcome, which may require specific waste streams departing from the hierarchy where this is justified by life-cycle thinking on the overall impacts of the generation and management of such waste.

In order to update some of the obsolete information and to overcome some of the inconsistencies relative to the used oil management systems it is necessary to analyse the systems using instruments, such as Life Cycle Assessment, which give insight about the environmental burdens of the different recovery options.

Initially, this study aimed at revising the current LCA studies on waste oil management systems, seeking to optimize the management systems of these wastes. In methodological terms, data was gathered by arranging meetings and visits to the companies belonging to the Portuguese waste oil management system. Furthermore, several questionnaires were sent to these companies in order to acquire a description of the processes and to acknowledge all the economic and operational aspects inherent to these processes.

The initial aim of this study was not fulfilled due to the scarce database made available by the visited companies, which besides demonstrating lack of transparency in the waste oil sector, constituted an obstacle to perform a complete LCA study. Therefore, the new goal of the study was to develop the groundwork for future LCA studies applied to waste oils, as well as to discuss the main adversities found throughout the accomplishment of the project that must be prevented in future studies.

Thus, in this work the processes for waste oil industries are described and the flowcharts, in the European and Portuguese context, are presented. In these flowcharts, the inputs of materials and energy and the outputs of products, emissions and wastes, are described and the processes are illustrated from the acquisition of used oil from their producers to the transportation of products and coproducts to the different recovery options (using a cradle to grave approach). In some cases, the processes that describe the treatment given to wastes and emissions are presented. The quantitative data that was made available by the Portuguese companies is also presented in this work.

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

ADEME – *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie*

ACV – Análise do Ciclo de Vida

AICV – Análise dos Impactes do Ciclo de Vida

ANR – Autoridade Nacional de Resíduos

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

APETRO – Associação Portuguesa das Empresas Petrolíferas

API – *American Petroleum Institute*

ARR – Autoridade Regional de Resíduos

ATVOU – Avaliação das Tecnologias de Valorização de Óleos Usados

BAT – *Best Available Techniques*

CAGEO – Comissão de Acompanhamento da Gestão dos Óleos Usados

CAGER – Comissão de Acompanhamento da Gestão de Resíduos

CBO – Carência Bioquímica em Oxigénio

CCDR-LVT – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo

Cd – Cádmio

CEE – Comunidade Económica Europeia

CFC – Clorofluorcarbono

C₂H₆ – Etano

CH₄ – Metano

CH₃Br – Brometo de metil

CIRVER – Centros Integrados de Recuperação, Valorização e Eliminação de Resíduos Perigosos

CO – Monóxido de carbono

CO₂ – Dióxido de carbono

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

CQO – Carência Química em Oxigénio

Cr – Crómio

Cu – Cobre

DCEA/FCT/UNL – Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

DGGE – Direcção Geral de Energias e Geologia

€ – Euro

EC – European Commission

EE – Energia Eléctrica

EIONET – *European Environment Information and Observation Network*

EMAS – Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria

EMPA – *Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research*

EPA – *Environmental Protection Agency*

Eq. – Equivalente

ETAR – Estação de Tratamentos de Águas Residuais

ETARI – Estação de Tratamentos de Águas Residuais Industriais

EUA – Estados Unidos da América
FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
g – Grama
GEIR – *Groupeement Européen de l'Industrie de la Régénération*
GJ – Gigajoule
GNP – *Great Northern Processing Inc.*
GWh – Gigawatt-hora
HAP – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos
HCFC – Hidroclorofluorcarbono
HCL – Ácido hidroclorídrico
HF – Ácido hidrofluorídrico
ICV – Inventário do Ciclo de Vida
IR – Instituto de Resíduos
ISO – *International Organization for Standardization*
kg – Quilograma
kt – Quilotoneladas
kWh – Quilowatt-hora
l – Litro
LC₅₀ – *Lethal Concentration* (mata 50% da população de teste)
Lda – Sociedade Limitada
m³ – Metro cúbico
MJ – Megajoule
MRI – *Midwest Research Institute*
MW – Megawatt
NCTE – *National Centre for Technology in Education*
n/d – Não disponível
Ni – Níquel
NH₃ – Amónia ou amoníaco
NOx – Óxidos de azoto
NO₂ – Dióxido de azoto
OU – Óleos Usados
PAO – Polialfaolefinos
Pb – Chumbo
PCB – Policlorobifenilos
PCI – Poder Calorífico Inferior
PCT – Policlorotriphenilos
PDA – *Propane De-asphalting Process*
pH – Potencial hidrogeniónico (medida físico-química)
PO₄ – Fosfato
ppm – Parte por milhão
PrON – Produtores de óleos novos
PrOU – Produtores de óleos usados

RIP – Resíduos Industriais Perigosos
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos
S.A. – Sociedade Anónima
SETAC – The Society of Environmental Toxicology and Chemistry
s.d. – Sem dados
SIGOU – Sistema Integrado de Gestão de Óleos Usados
SIRER – Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos
SOGILUB – Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda.
SO_x – Óxidos de enxofre
SO₂ – Dióxido de enxofre
SN – Solvent Neutral
t – Tonelada
UE – União Europeia
UNIOIL – Associação Portuguesa das Empresas Gestoras e Recicladoras de Óleos Usados
VLE – Valores Limite de Emissão
WISARD – *Waste Integrated System for Assessment of Recycling*
Zn – Zinco

ÍNDICE DE MATÉRIAS

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES	IX
ÍNDICE DE MATÉRIAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 ASPECTOS GERAIS	1
1.2 RELEVÂNCIA DO TEMA	1
1.3 ENQUADRAMENTO DO PROJECTO ATVOU.....	2
1.3.1 Âmbito e objectivos do projecto ATVOU.....	2
1.3.2 Metodologia do Projecto ATVOU	3
1.4 OBJECTIVO E ÂMBITO DA DISSERTAÇÃO.....	3
1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	4
2 GESTÃO DOS ÓLEOS USADOS.....	5
2.1 ASPECTOS GERAIS	5
2.1.1 Definição e caracterização dos óleos usados.....	5
2.1.2 Utilizações dadas aos óleos usados.....	5
2.2 LEGISLAÇÃO	8
2.2.1 Legislação da União Europeia.....	8
2.2.2 Legislação Portuguesa	10
2.3 CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DE GESTÃO DOS ÓLEOS USADOS	12
2.3.1 Problemática dos óleos usados na Europa e vias de tratamento	12
2.3.1.1 Vias de tratamento dos óleos usados na Europa	14
2.3.1.1.1 Regeneração	15
2.3.1.1.2 Preparação do óleo usado para ser utilizado como combustível.....	15
2.3.2 Problemática dos óleos usados em Portugal e vias de tratamento	15
2.3.3 Caracterização do Sistema SOGILUB	17
2.4 SÍNTESE E CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 2	20
3 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA	21
3.1 ASPECTOS GERAIS	21
3.1.1 Definição de Análise de Ciclo de Vida.....	21
3.1.2 História da Análise de Ciclo de Vida	21
3.1.3 Descrição Geral de ACV.....	22
3.1.4 ACV como Instrumento: Benefícios e Limitações.....	25
3.1.4.1 Benefícios de um estudo ACV	25
3.1.4.2 Limitações de um estudo ACV.....	25
3.1.5 Streamlining – Formas de ultrapassar os obstáculos das ACV.....	26
3.2 METODOLOGIA ACV	27
3.2.1 Definição dos Objectivos e Âmbito do Estudo.....	27
3.2.1.1 Definição do(s) objectivo(s) do projecto	27
3.2.1.2 Determinação do tipo de informação necessária para informar os decisores.....	28
3.2.1.3 Determinação da especificidade requerida	28
3.2.1.4 Determinação da organização dos dados e da disposição dos resultados	28
3.2.1.5 Definição do âmbito do estudo.....	29
3.2.2 Análise do Inventário.....	30
3.2.2.1 Construção do fluxograma do processo.....	31
3.2.2.2 Desenvolvimento de um plano de recolha de dados e recolha de dados.....	32
3.2.2.3 Avaliação e apresentação dos resultados.....	36
3.2.3 Análise do Impacte do Ciclo de Vida.....	36
3.2.3.1 Selecção de Categorias de Impacte, Indicadores de Categoria e Modelos de Caracterização	38
3.2.3.2 Classificação (atribuição dos resultados de ICV).....	38
3.2.3.3 Caracterização (cálculo dos resultados do indicador de categoria).....	39
3.2.3.4 Normalização	41
3.2.3.5 Agregação	41

3.2.3.6	Ponderação	42
3.2.3.7	Análise de Qualidade dos Dados	43
3.2.4	<i>Interpretação do Ciclo de Vida</i>	44
3.3	SOFTWARES DE APLICAÇÃO	45
3.4	APLICAÇÕES DE ACV A RESÍDUOS	47
3.4.1	<i>Caso de estudo em Espanha</i>	47
3.4.2	<i>Caso de estudo na Alemanha</i>	47
3.4.3	<i>Caso de estudo na Tailândia</i>	48
3.4.4	<i>Caso de estudo na Turquia</i>	48
3.4.5	<i>Caso de estudo na Itália</i>	49
3.4.6	<i>Caso de estudo no Reino Unido</i>	49
3.5	APLICAÇÕES DE ACV AOS ÓLEOS USADOS	49
3.5.1	<i>Incineração ou regeneração de óleos lubrificantes usados? – Análise do Ciclo de Vida dos impactes ambientais</i>	50
3.5.2	<i>Óleo usado – combustível ou lubrificante?</i>	51
3.5.3	<i>Reciclagem e valorização energética dos óleos usados.</i>	51
3.5.4	<i>Balço ecológico das tecnologias de valorização dos óleos</i>	53
3.5.5	<i>Avaliação ecológica e energética da regeneração de óleos usados: Substituição de óleos base virgem incluindo compostos sintéticos e semissintéticos</i>	54
3.6	SÍNTESE E CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 3	55
4	ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO E VALORIZAÇÃO DOS ÓLEOS USADOS 57	
4.1	CASO DE ESTUDO EUROPEU	57
4.1.1	<i>Aspectos Gerais</i>	57
4.1.2	<i>Descrição das tecnologias de valorização usadas na Europa</i>	58
4.1.2.1	Processos de tratamento dos óleos usados com destino à reutilização ou à regeneração	58
4.1.2.1.1	Reutilização	59
4.1.2.1.2	Regeneração	61
4.1.2.2	Processos de tratamento dos óleos usados com destino à valorização energética	62
4.1.2.2.1	Fraccionamento térmico (<i>thermal cracking</i>)	62
4.1.2.2.2	Gaseificação	65
4.1.2.2.3	Reprocessamento rigoroso	67
4.1.2.2.4	Reprocessamento ligeiro	71
4.1.2.3	Queima directa	73
4.2	CASO DE ESTUDO PORTUGUÊS	74
4.2.1	<i>Aspectos Gerais</i>	74
4.2.2	<i>Metodologia de recolha de dados de base</i>	75
4.2.2.1	Plano de trabalhos	76
4.2.2.2	Recolha de informação	77
4.2.3	<i>Descrição das tecnologias de tratamento e valorização usadas em Portugal</i>	78
4.2.3.1	Recolha, transporte, armazenamento e pré-tratamento	78
4.2.3.1.1	Carmona	79
4.2.3.1.2	Correia & Correia	84
4.2.3.2	Reciclagem	88
4.2.3.2.1	Argex	88
4.2.3.2.2	Enviroil	92
4.2.3.3	Valorização energética	95
4.2.3.3.1	Maxit	95
4.2.3.4	Regeneração	98
4.2.3.4.1	Tracemar	98
4.2.4	<i>Resultados da recolha de dados</i>	101
4.2.4.1	Carmona	101
4.2.4.2	Correia & Correia	101
4.2.4.3	Argex	103
4.2.4.4	Enviroil	104
4.2.4.5	Maxit	106
4.2.4.6	Tracemar	107
4.3	SÍNTESE E CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 4	108
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS	109
5.1	CONCLUSÕES	109
5.2	RECOMENDAÇÕES FUTURAS	109
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

7	ANEXOS	121
	ANEXO A – TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA REGENERAÇÃO DE ÓLEOS USADOS	122
	ANEXO B – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A SOGILUB	127
	ANEXO C – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA AS EMPRESAS DE RECOLHA E PRÉ-TRATAMENTO	130
	ANEXO D – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA AS EMPRESAS DE RECICLAGEM	133
	ANEXO E – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA AS INDÚSTRIAS DE VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA	136
	ANEXO F – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A INDÚSTRIA DE REGENERAÇÃO	138
	ANEXO G – SEGUNDO QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A CARMONA	141
	ANEXO H – SEGUNDO QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A ARGEX	144
	ANEXO I – SEGUNDO QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A MAXIT	146
	ANEXO J – SEGUNDO QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A ENVIROIL	148
	ANEXO K – SEGUNDO QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A TRACEMAR.....	150

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1 – Óleos usados e tipologia de óleos lubrificantes virgens na UE	6
Tabela 2-2 – Directivas Europeias relativas à gestão dos óleos usados	8
Tabela 2-3 – Legislação Portuguesa relativa à gestão dos resíduos e à gestão dos óleos usados....	10
Tabela 2-4 – Algumas medidas de apoio e incentivo à recolha dos óleos lubrificantes usados na UE	12
Tabela 2-5 – Estrutura da recolha de óleos usados em Portugal Continental e respectivas empresas responsáveis.	18
Tabela 2-6 – Estrutura da recolha de óleos usados nas Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira e respectivas empresas responsáveis.	19
Tabela 2-7 – Empresas responsáveis por cada forma de valorização dos óleos usados em Portugal	19
Tabela 3-1 – Categorias de Impacte Comummente usadas.	40
Tabela 3-2 – <i>Softwares</i> de aplicação	45
Tabela 4-1 – Encaminhamento de óleos tratados para destino final no SIGOU em 2007.....	75
Tabela 4-4 – Óleos usados recolhidos no âmbito do SIGOU em 2007.....	79
Tabela 4-5 – Quantidades médias diárias de óleo usado fornecidas a cada unidade da Carmona em 2007.....	80
Tabela 4-6 – Distâncias percorridas e consumos de combustível das viaturas de recolha da Carmona	80
Tabela 4-7 – Distâncias percorridas e consumos de combustível das viaturas de recolha da Correia & Correia.....	85
Tabela 4-8 – Quantidade de óleos tratados reciclados	88
Tabela 4-9 – Quantidade de óleos pré-tratados valorizados energeticamente.....	95
Tabela 4-10 – Quantidade de óleos pré-tratados regenerados.....	98
Tabela 4-2 – Plano de Trabalhos para realização da dissertação	76
Tabela 4-3 – Datas de envio de questionários e declarações de confidencialidade e de visitas às empresas.....	78
Tabela 4-11 – Entradas de matérias-prima, materiais subsidiários e energia da Correia&Correia, para o ano de 2007.....	102
Tabela 4-12 – Saídas de resíduos, emissões, produtos e co-produtos da Correia&Correia, para o ano de 2007.....	102
Tabela 4-13 – Entradas de matérias-prima, materiais subsidiários e energia da Argex, para o ano de 2007.....	104
Tabela 4-14 – Saídas de resíduos, emissões, produtos e co-produtos da Argex, para o ano de 2007	104
Tabela 4-15 – Entradas de matérias-prima, materiais subsidiários e energia da Enviroil, para o ano de 2007.....	105
Tabela 4-16 – Saídas de resíduos, emissões, produtos e co-produtos da Enviroil, para o ano de 2007	105
Tabela 7-1 – Tecnologias utilizadas na regeneração de óleos usados.....	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 – Óleos base consumidos em 1999 na UE	7
Figura 2-2 – Óleos usados gerados em 1999 na UE.....	7
Figura 2-3 – Gestão de óleos usados na UE em 1999.....	14
Figura 2-4 – Modelo da gestão dos óleos usados.	16
Figura 2-5 – Intervenientes no ciclo de vida dos óleos lubrificantes.....	18
Figura 3-1 – Fluxograma representativo da ACV de um produto	23
Figura 3-2 – Estágios de uma ACV	24
Figura 3-3 – Componente de um processo genérico para um dado sistema	31
Figura 3-4 – Elementos da fase AICV	37
Figura 3-5 – Conceito de indicadores de categoria	38
Figura 3-6 – Relação dos elementos da fase “interpretação” com as outras fases da ACV.....	44
Figura 4-1 – Processos de tratamento de óleos usados.	58
Figura 4-2 – Fluxograma genérico do tratamento do óleo usado	59
Figura 4-3 – Fluxograma dos processos de reutilização	60
Figura 4-4 – Fluxograma dos processos de fraccionamento térmico (<i>Thermal cracking</i>)	64
Figura 4-5 – Fluxograma do processo de gaseificação	66
Figura 4-6 – Fluxograma dos diversos processos de reprocessamento rigoroso: Processo Vaxon.....	68
Figura 4-7 – Fluxograma dos diversos processos de reprocessamento rigoroso: Processo Trailblazer.....	69
Figura 4-8 – Fluxograma dos diversos processos de reprocessamento rigoroso: Processo de-asphalting.....	70
Figura 4-9 – Fluxograma do processo de reprocessamento ligeiro.....	72
Figura 4-10 – Tecnologias de pré-tratamento e de valorização e respectivas empresas responsáveis em Portugal	74
Figura 4-11 – Fluxograma do processo de pré-tratamento da Carmona SLTC.	82
Figura 4-12 – Fluxograma da zona de calor 2	83
Figura 4-13 – Fluxograma da ETARI da Carmona SLTC	83
Figura 4-14 – Fluxograma do processo de pré-tratamento da Correia & Correia	87
Figura 4-15 – Adição do óleo lubrificante usado à argila (fotografia tirada durante a visita)	89
Figura 4-16 – Fluxograma do processo de fabrico de argila expandida com incorporação de óleo usado pré-tratado da empresa Argex	91
Figura 4-17 – Produtos obtidos no tratamento da Enviroil.....	93
Figura 4-18 – Fluxograma do processo de produção de energia eléctrica através da utilização de óleo usado – Enviroil –	94
Figura 4-19 – Fluxograma do processo de fabrico de argila expandida com incorporação de óleo usado pré-tratado da empresa Maxit.....	97
Figura 4-20 – Fluxograma do processo de regeneração da empresa Tracemar	100

Figura 4-21 – Diagrama síntese dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do processo de pré-tratamento da Carmona.....	101
Figura 4-22 – Diagrama síntese dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do processo de pré-tratamento da Correia & Correia.....	102
Figura 4-23 – Diagrama síntese dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do processo de reciclagem da Argex	103
Figura 4-24 – Diagrama síntese dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do processo de valorização energética e reciclagem da Enviroil.....	104
Figura 4-25 – Diagrama síntese dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do processo de reciclagem e valorização energética da Maxit	106
Figura 4-26 – Diagrama síntese dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do processo de regeneração da Tracemar	107

1 INTRODUÇÃO

1.1 ASPECTOS GERAIS

Com o desenvolvimento económico e industrial da sociedade europeia a produção de resíduos tem sido crescente, sendo produzidos cerca de 1,3 milhar de milhões de toneladas de resíduos anualmente, dos quais 40 milhões de toneladas são resíduos perigosos. Adicionando a este valor ainda 700 milhões de toneladas de resíduos agrícolas, torna-se evidente a importância da problemática ambiental da gestão dos resíduos (EC, 2009a).

Em muitos países estes sistemas de gestão estão em constante mudança. As problemáticas ambientais, como por exemplo, as alterações climáticas são, em geral, o motivo para tais mudanças. A redução da quantidade de resíduos gerados, através de iniciativas de prevenção, melhor uso dos recursos e através da promoção de práticas de consumo mais sustentáveis é prioritária segundo a hierarquia de gestão de resíduos sugerida pela União Europeia (UE). A reciclagem e a preparação para a reutilização são as vias de prioritárias na hierarquia dos resíduos, se não for possível prevenir a produção de resíduos. Os resíduos são separados em vários fluxos (e.g., embalagens, veículos em fim-de-vida, baterias, resíduos eléctricos e electrónicos, etc.), e é requerido aos Estados-Membros, pelas directivas da UE, a introdução de legislação relativa à recolha, reutilização, reciclagem e eliminação destes fluxos. Os resíduos que não podem ser prevenidos ou reciclados devem ser encaminhados para outras vias de valorização, como, por exemplo, a valorização energética, sendo a deposição em aterro sanitário utilizada como último recurso (Finnveden *et al.*, 2000).

Os óleos lubrificantes usados são resíduos considerados perigosos que necessitam de uma gestão adequada de forma a minimizar os danos causados no ambiente. Só a UE consumiu, em 2003, cerca de 4,4 milhões de toneladas. Contudo, com o uso, os óleos lubrificantes perdem as propriedades e ficam contaminados, deixando de ser apropriados para a utilização a que estavam inicialmente destinados. Aproximadamente 50% dos óleos adquiridos no mercado transformam-se em óleos usados (a percentagem restante é perdida com o uso e consumo do lubrificante nos processos) o que representa cerca de 2,5 milhões de toneladas de óleos lubrificantes usados para gerir anualmente na UE.

A Directiva 75/439/CEE relativa à eliminação dos óleos usados, foi concebida para criar um sistema harmonizado de recolha, armazenamento, recuperação e eliminação dos óleos usados, tais como os que são utilizados em veículos motorizados, turbinas, caixa de mudanças, entre outros. Está igualmente incluída nos objectivos desta Directiva a protecção do ambiente contra os efeitos nocivos advindos da deposição ilegal e das operações de tratamento destes resíduos (EC, 2009b).

Em Portugal, esta Directiva foi transposta pelo Decreto-Lei nº 153/2003, de 11 de Julho e a gestão dos óleos lubrificantes usados está a cargo da Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda (SOGILUB). Esta entidade tem por objectivo a prestação de serviços de gestão integrada de óleos lubrificantes usados, incluindo a organização da recolha, transporte, armazenagem, tratamento e valorização (nomeadamente, regeneração, reciclagem e valorização energética), a realização de estudos, campanhas, promoções e acções de comunicação, assim como, o desenvolvimento e manutenção informática de bases de dados.

1.2 RELEVÂNCIA DO TEMA

Os óleos lubrificantes usados são resíduos considerados perigosos devido às propriedades que apresentam. Contêm elevados níveis de hidrocarbonetos e de metais pesados, sendo os mais representativos: o Chumbo (Pb), o Zinco (Zn), o Cobre (Cu), o Crómio (Cr), o Níquel (Ni) e o Cádmio (Cd).

Uma das principais diferenças entre um óleo novo e um óleo usado, e que lhe confere o seu carácter de resíduo perigoso, é sem dúvida a presença de metais pesados e Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAPs).

Assim, quando os óleos usados são lançados directamente no ambiente (no meio hídrico, nas redes de esgotos e no solo) ou a queima dos mesmos não é controlada, provocam graves problemas de poluição do solo, das águas e/ou do ar.

Quando lançados no solo contaminam os solos e as águas subterrâneas. Quando lançados no esgoto provocam estragos nas ETAR e poluem os meios receptores hídricos. Quando queimados, provocam a libertação de substâncias tóxicas (como os PCB), metais pesados (como arsénio, cádmio, chumbo) e compostos orgânicos (como benzeno, naftaleno). Além destes impactes, os óleos lançados no meio hídrico cobrem a superfície de água, formando uma fina película que impede a oxigenação e origina a morte por asfixia dos peixes e plantas.

Torna-se então crucial recolher a maior quantidade possível deste resíduo, de forma a evitar a contaminação do ambiente e a aproveitar o elevado potencial de recuperação deste fluxo de resíduo. A taxa de recolha pode ainda ser optimizada, através do aumento da participação dos industriais, consumidores e oficinas no combate à deposição ilegal destes resíduos, sendo imprescindível a entrega dos mesmos às entidades de recolha licenciadas para o efeito e que asseguram a sua valorização (EC, 2009b).

1.3 ENQUADRAMENTO DO PROJECTO ATVOU

1.3.1 Âmbito e objectivos do projecto ATVOU

O presente trabalho desenvolveu-se no âmbito do Projecto ATVOU – Avaliação das Tecnologias de Valorização de Óleos Usados, que surgiu por convite endereçado pela empresa SOGILUB – Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda. ao Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (DCEA/FCT/UNL).

Este projecto tem por objectivo a avaliação das diversas tecnologias de valorização deste resíduo (desenvolvidas e em desenvolvimento), recorrendo às metodologias de Análise de Ciclo de Vida (ACV) e análise económica. Com este projecto, o Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da FCT/UNL procura dar um contributo para a melhoria da gestão dos óleos usados a nível nacional, resultando do Projecto ATVOU a identificação das tecnologias de valorização de óleos usados a implementar em Portugal, mais sustentáveis em termos ambientais e económicos.

O Decreto-Lei nº 153/2003, de 11 de Julho, que transpõe a Directiva nº 75/439/CEE, do Conselho, de 16 de Junho, estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de óleos novos e óleos usados, dando prioridade à prevenção da produção, em quantidade e nocividade, destes resíduos, seguida da regeneração e de outras formas de reciclagem e valorização.

Apesar da regeneração ser a forma de valorização prioritária para o tratamento dos óleos usados, prevista na Directiva nº 75/439/CEE, do Conselho, de 16 de Junho, em Portugal não existe nenhuma instalação de regeneração de óleos usados. No contexto actual, as opções existentes, em território nacional, são a reciclagem e a valorização energética em instalações de combustão, sendo a regeneração realizada em Espanha.

A ausência de instalações de regeneração também se verifica em países como Eslovénia, Irlanda, Holanda e República Checa, sendo apontadas como restrições à sua implementação sobretudo os aspectos económicos associados à fraca produção de óleos usados, a possibilidade de combustão a baixo preço noutros Estados-Membros e a saturação do mercado de óleos de base (Comissão das Comunidades Europeias, 2006).

Além disso, vários estudos demonstram que os diversos Estados-Membros não favorecem a regeneração dos óleos usados, mas pelo contrário estão a utilizar os mesmos como combustíveis para instalações industriais. O Governo Federal da Alemanha foi o primeiro Estado-Membro a ser acusado pelo Tribunal de Justiça Europeu em 1999 de proceder em desacordo com a legislação em vigor. No entanto, foram registadas outras treze violações posteriormente, em países como o Reino Unido, Irlanda do Norte e Suécia (Fehrenbach, 2005).

A falta de informação e a desactualização da informação existente dificultam uma tomada de decisão consistente, não só a nível europeu, como a nível nacional. A avaliação das tecnologias de valorização actuais e possíveis é uma falha que deve ser colmatada, podendo para esse efeito recorrer-se a metodologias como a ACV, que permitirá conhecer os impactes ambientais dos diversos processos de tratamento e valorização, e a análise económica, que permitirá converter em unidades monetárias todos os ganhos e perdas característicos de cada tecnologia de valorização de óleos usados.

Deste modo, o Projecto ATVOU insere-se na problemática da melhoria da gestão dos óleos usados, procurando-se a gestão sustentável deste resíduo, não apenas no contexto do território nacional como, também, nos restantes Estados-Membros da União Europeia.

1.3.2 Metodologia do Projecto ATVOU

O projecto foi estruturado em quatro etapas. Assim, numa primeira etapa procedeu-se a uma revisão bibliográfica em que se fez um levantamento exaustivo sobre as tecnologias de valorização de óleos usados existentes, em território nacional e na União Europeia. Recorreu-se, para tal, a informações provenientes da SOGILUB, dos Ministérios do Ambiente dos Estados-Membros, da análise do documento *Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries* e outras fontes de informação científica disponibilizadas ao DCEA/FCT/UNL.

A segunda etapa, consistia na obtenção de dados de base para a realização de ACV e análise económica, visto estes instrumentos serem bastante exigentes no que diz respeito à quantidade e qualidade de dados de base necessários para a avaliação em causa. Elaboraram-se vários questionários para as empresas pertencentes ao sistema de gestão dos óleos usados e realizaram-se visitas a algumas destas instalações de valorização de forma a obter dados reais relativos às instalações em causa e consequentemente, uma avaliação fiável.

A terceira etapa passava pelo desenvolvimento das avaliações de ACV e análise económica com base nos dados recolhidos na etapa dois. Por fim, a última etapa consistia em realizar uma avaliação entre as diferentes tecnologias de valorização de óleos usados, tendo por objectivo identificar a(s) que apresenta(m) o melhor desempenho ambiental e económico.

No final da quarta etapa será entregue à SOGILUB um relatório final com os resultados obtidos. Realizaram-se ainda, além do presente trabalho, outras duas teses de mestrado em Engenharia do Ambiente (Martins, 2009; Rosa, 2009).

1.4 OBJECTIVO E ÂMBITO DA DISSERTAÇÃO

Através da aplicação de uma metodologia de ACV pretende-se conhecer quais as tecnologias de valorização mais sustentáveis em termos ambientais, sendo objecto de estudo a reciclagem e a valorização energética já realizadas em Portugal, e a regeneração, realizada em Espanha que se encontram previstas no Decreto-Lei n.º 153/2003, de 11 de Julho.

Desta forma, o objectivo inicial do presente trabalho consistia em fazer uma revisão dos actuais estudos de ACV de óleos lubrificantes usados (estes encontram-se no estudo de Monier e Labouze, (2001), cujos dados remontam à década de 90) e corrigi-las, ou completá-las, procurando otimizar o processo de gestão destes resíduos, de forma a torná-lo sustentável, não apenas no contexto do território nacional como, também, nos restantes Estados-Membros da União Europeia.

No entanto, dada a escassez dos dados de base disponibilizados, não foi possível cumprir o objectivo inicialmente proposto, seguindo-se para o de desenvolver as bases para futuras ACV realizadas no âmbito dos óleos usados, assim como, referir os obstáculos encontrados ao longo da execução do projecto que devem ser evitados em estudos futuros.

1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Além deste capítulo introdutório, o presente trabalho apresenta ainda outros quatro capítulos.

Assim, o capítulo dois relativo à gestão dos óleos usados, apresenta a legislação vigente tanto na União Europeia como em Portugal e ainda, a forma como são geridos os óleos usados na Europa e em Portugal, identificando as várias formas de valorização de alguns países.

O capítulo três refere-se à descrição do instrumento de ACV que deveria ser aplicado no caso de estudo do presente trabalho. Neste capítulo apresenta-se a metodologia a seguir aquando da utilização deste instrumento, os benefícios e limitações do mesmo, sendo ainda referidos casos de aplicação deste instrumento tanto no campo dos resíduos como no caso específico dos óleos usados.

O capítulo quatro apresenta o início da modelação da ACV dos óleos usados. Analisa-se o sistema Europeu e ainda o sistema Português. Apresentam-se os resultados das visitas realizadas às instalações de tratamento dos óleos usados em Portugal, descrevendo as entradas (matérias-primas, energia e materiais subsidiários) e saídas (emissões, produtos e co-produtos) dos vários sistemas estudados.

Por fim, no capítulo das conclusões e recomendações futuras é realizada uma análise crítica tanto à ACV como instrumento de aplicação, como ao sistema de gestão dos óleos usados em Portugal, abordando as dificuldades encontradas ao longo do projecto ATVOU.

2 GESTÃO DOS ÓLEOS USADOS

2.1 ASPECTOS GERAIS

2.1.1 Definição e caracterização dos óleos usados

Os óleos lubrificantes usados são definidos pela legislação europeia como quaisquer óleos industriais lubrificantes de base mineral, tornados impróprios para o uso a que estavam inicialmente destinados e, nomeadamente, os óleos usados dos motores de combustão e dos sistemas de transmissão e os óleos minerais para máquinas, turbinas e sistemas hidráulicos (Directiva do Conselho 2000/76/CEE, de 4 de Dezembro de 2000). Os óleos usados são classificados como resíduos perigosos pela legislação europeia e devem ser recolhidos para poderem ser devidamente tratados. É ainda importante notar que os óleos que contenham uma contaminação em PCB maior que 50 ppm não estão incluídos nesta categoria, visto que são tratados de forma diferenciada segundo a legislação da UE e também segundo a legislação portuguesa (Decreto-Lei n.º 153/2003).

Os óleos usados podem ser categorizados, de acordo com o *Critical review of existing studies and life cycle analysis on the regeneration and incineration of waste oils* (Monier e Labouze, 2001), da seguinte forma:

- Óleos de motor (óleos negros): representam mais de 70%¹ (em massa) dos óleos usados. Provêm maioritariamente do uso automóvel;
- Óleos industriais negros: representam cerca de 5% (em massa) dos óleos usados;
- Óleos industriais leves: representam cerca de 25% (em massa) dos óleos usados. São relativamente limpos e o valor destes no mercado é elevado.

A composição dos óleos usados tem-se tornado cada vez mais complexa devido a diferentes factores, tais como:

- A utilização crescente de dispersantes, assim como de ésteres e polialfaolefinos (PAO), que aumentam o tempo de vida dos óleos. No entanto, o óleo resultante tem sido cada vez mais complexo e contaminado;
- A crescente utilização de produtos sintéticos com melhores características, em vez de lubrificantes auto de base mineral. Enquanto que alguns destes óleos sintéticos podem ser regenerados juntamente com outros óleos minerais, existem outros menos adequados para a regeneração visto que tendem a ser menos estáveis nas condições deste processo.

Existem ainda óleos base de origem agrícola (menos de 2% do consumo total), provenientes do girassol e da colza. São bio-lubrificantes cujas características representam uma vantagem devido principalmente à sua biodegradabilidade, alto índice de viscosidade e baixa volatilidade (EC, 2006).

2.1.2 Utilizações dadas aos óleos usados

A Tabela 2-1, a Figura 2-1 e a Figura 2-2 descrevem a tipologia dos óleos lubrificantes e o consumo dos mesmos, assim como o tipo de óleo usado gerado, óleos negros ou óleos leves gerados em cada caso.

¹ 82% segundo a ADEME, Fr (EC, 2006)

Tabela 2-1 – Óleos usados e tipologia de óleos lubrificantes virgens na UE (Adaptado de: Monier e Labouze, 2001)

Consumo de lubrificantes				Óleos usados		
Categoria	Aplicação	Uso	Consumo Europeu 1999 (kt)	Taxa – Óleo consumido/ Óleos usado gerado	Óleos usados gerados (kt)	Tipos de óleos usados
Óleos de motor	Óleos de motor para carros para transporte de passageiros	Para diminuir estragos provenientes da fricção entre as diversas partes de um motor.	2 098	59%	1238	Óleos negros
	Óleos de motor para veículos comerciais					
	Óleos de motor para veículos industriais					
	Óleos diesel para diversos usos					
	Óleos de motores a dois tempos					
	Outros óleos de motor					
Óleos de transmissão e para mudanças automáticas	Fluidos para transmissão automática	Para inibir estragos provenientes de mudanças e rolamentos e também para inibir oxidação e corrosão	1 149	24%	276	Óleos negros
	Óleos para mudanças automáticas					
	Óleos para mudanças industriais					
	Óleos hidráulicos e de transmissão					
	Óleos para amortecedores					
Graxas lubrificantes	Graxas lubrificantes para motores de veículos automóveis	Para diminuir estragos provenientes da fricção entre as diversas partes de um motor	150	27%	40	Óleos negros
	Graxas lubrificantes para veículos e equipamentos industriais					
Óleos para processamento de metal	Óleos de resfriamento ou de <i>quench</i>	Para a indústria metalúrgica é usado tanto para lubrificação como para arrefecimento das ferramentas e metais a trabalhar	350	0%	0	Óleos perdidos
	Óleo de corte puro (sem aditivos)					
	Óleos solúveis para trabalhos metalúrgicos					
	Produtos para prevenção de ferrugem					

Tabela 2-1 (continuação) – Óleos usados e tipologia de óleos lubrificantes virgens na UE (Adaptado de: Monier e Labouze, 2001)

Óleos altamente refinados	Óleos para turbina		150	48%	72	Óleos leves
	Óleos isolantes ou de transformador (para equipamentos eléctricos)					
Outros óleos	Óleos lubrificantes para compressores	Para inibir estragos provenientes de mudanças e rolamentos e também para inibir oxidação e corrosão	400	61%	244	Óleos negros
	Lubrificantes para máquinas em geral					
	Outros óleos não-lubrificantes					
Óleos de processo	Óleos de processo		699	77%	538	Óleos leves
	Óleos brancos técnicos					
	Óleos brancos medicinais					
Total			4996	50% em média	2408	

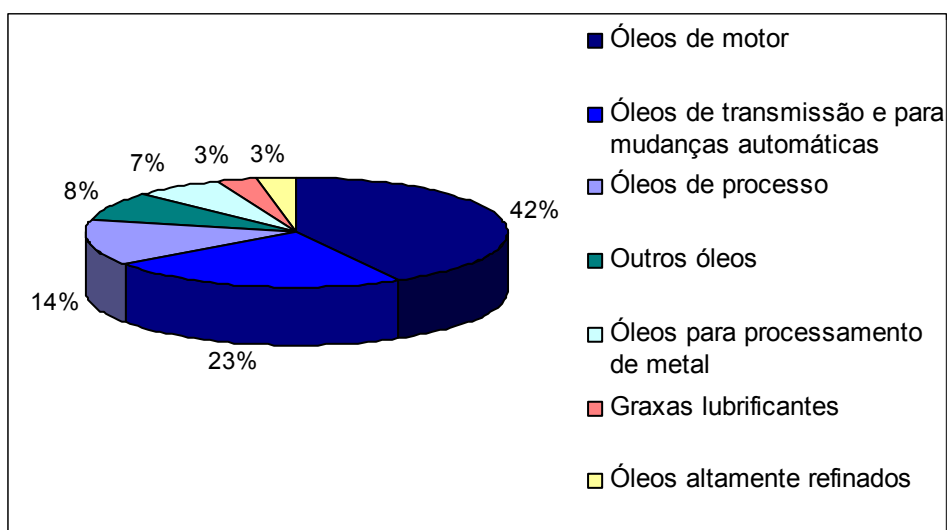


Figura 2-1 – Óleos base consumidos em 1999 na UE (Adaptado de: Monier e Labouze, 2001)

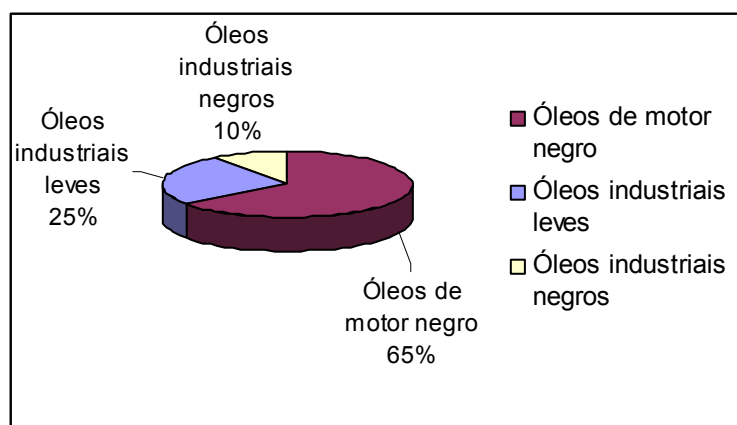


Figura 2-2 – Óleos usados gerados em 1999 na UE (Adaptado de: Monier e Labouze, 2001)

2.2 LEGISLAÇÃO

2.2.1 Legislação da União Europeia

As directivas da UE foram definidas através das várias propostas de Programas de Acção Ambiental. Em 1989, a UE elaborou um documento intitulado “*Waste Management Strategy*” (“Estratégia de Gestão de Resíduos”) que definiu as aspirações a longo termo no que diz respeito à legislação e às actividades de gestão de resíduos da UE. Este documento, revisto em 1997, sustenta que os princípios básicos de gestão dos resíduos assentam primeiramente na prevenção, em seguida na recuperação, e por último, na minimização da deposição final. A estratégia da UE dá a precedência à recuperação dos materiais sobre a geração de energia (NCTE, 2009).

Na **Tabela 2-2**, encontram-se as directivas elaboradas pela UE para regular a gestão dos resíduos e que importam referir para o estudo.

Tabela 2-2 – Directivas Europeias relativas à gestão dos óleos usados

Directiva	Revogação/ Alteração	Descrição
Directiva do Conselho 75/442/CEE de 15 de Julho 1975 relativo aos Resíduos	91/156/CEE (18 de Março de 1991) 2006/12/CEE (5 de Abril de 2006) 2008/98/CEE (19 de Novembro de 2008)	Define os princípios básicos sobre a recolha, eliminação, reciclagem e processamento dos resíduos a nível nacional. Após as revogações da directiva estabelecem-se definições mais rigorosas do termo “resíduo” e inclui-se ainda novas definições, assim como se definem novas condições de registo e licenciamento para os agentes que lidam com a recolha, transporte, recuperação e eliminação dos resíduos. Com o objectivo de tornar auto-suficientes os países membros e de permitir um maior controlo da circulação dos resíduos, exige-se também às autoridades competentes, a elaboração de planos de gestão de resíduos. A directiva 2008/98/CEE revoga as directivas 75/439/CEE, 91/689/CEE e 2006/12/CEE com efeito a partir de 12 de Dezembro de 2010. No entanto, revoga alguns artigos destes documentos legais com efeito a partir de 12 de Dezembro de 2008.
Directiva do Conselho 78/319/CEE de 20 de Março 1978 relativo aos Resíduos Tóxicos e Perigosos	91/689/CEE (12 de Dezembro de 1991) 94/31/CE (27 de Junho de 1994) 2008/98/CEE (19 de Novembro de 2008)	Complementa a directiva anterior e elabora uma lista de substâncias tóxicas e perigosas (resíduos radioactivos, alguns resíduos agrícolas, resíduos hospitalares, explosivos etc.), fornecendo soluções de controlo e eliminação de resíduos que contêm as mesmas. Inclui também o princípio do “poluidor pagador”. As directivas 91/689/CEE e 94/31/CE são relativos a resíduos perigosos apenas. Em 1994, os ministros do ambiente da UE, divulgam uma lista de resíduos considerados perigosos que define legalmente o termo “resíduo perigoso”. De acordo com a directiva 2008/98/CEE, determinadas disposições em matéria de tratamento de resíduos constantes da Directiva 91/689/CEE, deverão ser alteradas a fim de revogar disposições obsoletas e tornar o texto mais claro.
Directiva do Conselho 75/439/CEE de 16 de Junho de 1975 relativa à Eliminação dos Óleos Usados	87/101/CEE (22 de Dezembro de 1986) 94/741/CEE (24 de Outubro de 1994) 2000/76/CEE (4 de Dezembro de 2000) 2008/98/CEE (19 de Novembro de 2008)	Define óleos usados como quaisquer óleos industriais lubrificantes de base mineral, tornados impróprios para o uso a que estavam inicialmente destinados e, nomeadamente, os óleos usados dos motores de combustão e dos sistemas de transmissão e os óleos minerais para máquinas, turbinas e sistemas hidráulicos. Aborda as questões principais relacionadas com a gestão dos óleos usados a nível da recolha e eliminação dos mesmos. Dá prioridade à regeneração relativamente à combustão, devendo-se proceder à eliminação sem perigo ou à deposição controlada apenas em último caso. Fornece ainda medidas de controlo e registo das empresas de armazenamento, recolha e eliminação, sendo a directiva relativa à incineração de resíduos, mais rigorosa no que toca às medidas de controlo das instalações de combustão. Define ainda valores limite para os PCB e PCT contidos nos óleos usados destinados para regeneração. Esta directiva será revogada (de acordo com a directiva 2008/98/CEE) para que a gestão de óleos usados observe a ordem de prioridades da hierarquia dos resíduos, devendo ser dada prioridade às soluções que produzam o melhor resultado global em termos ambientais. A recolha selectiva de óleos usados continua a ser crucial para a sua gestão adequada e para a prevenção dos danos ambientais decorrentes da sua eliminação inadequada.

Tabela 2-2 (continuação) – Directivas Europeias relativas à gestão dos óleos usados

Directiva do Conselho 89/369/CEE de 8 de Junho de 1989 relativa à incineração de resíduos urbanos	89/429/CEE (21 de Junho de 1989) 2000/76/CEE (4 de Dezembro de 2000)	As directivas 89/369/CEE e 89/429/CEE entram em vigor em Dezembro de 1990, regulando as emissões atmosféricas para instalações de incineração municipais, novas e existentes.
Directiva do Conselho 94/67/CEE de 16 de Dezembro de 1994 relativa à incineração de resíduos perigosos		A directiva 94/67/CEE entra em vigor em Dezembro de 1994, tendo como objectivos principais a prevenção ou minimização das emissões, de forma a reduzir os efeitos negativos da poluição do ar, água, solo resultante da incineração dos resíduos perigosos que podem ser prejudiciais à saúde humana e ao ambiente. Estabelece critérios operacionais, técnicos e de licenciamento rigorosos para as novas instalações de incineração de resíduos perigosos, assim como, exige um actualização das tecnologias das instalações já existentes.
Directiva do Conselho 76/403/CEE de 6 de Abril de 1976 relativa à eliminação dos policlorobifenilos e dos policlorotrifenilos (PCB/PCT)	96/59/CE (16 de Setembro de 1996)	Tem por objecto aproximar as legislações dos Estados-membros em matéria de eliminação controlada dos PCB, de descontaminação ou eliminação de equipamentos que contenham PCB e/ou de eliminação de PCB usados, tendo em vista a destruição total destes. Segundo a directiva, os Estados-Membros devem compilar inventários dos equipamentos que contenham mais de 5 dm ³ de PCB e até 2010 todos os equipamentos registados devem ser descontaminados e/ou eliminados. Os estados-membros devem elaborar planos de recolha para os equipamentos que não estão sujeitos a inventariação.

Existem ainda outras políticas complementares, como por exemplo, a directiva do Conselho 96/61/CE de 24 de Setembro de 1996 relativa ao Controlo e Prevenção Integrada da Poluição (alterada e/ou revogada pelas directivas 2003/35/CE, 2003/87/CE e pelo regulamento CE/1882/2003).

Esta directiva tem por objecto a prevenção e controlo integrados da poluição oriunda das actividades constantes no anexo da mesma (indústrias do sector da energia, produção e transformação de metais, indústria mineral, etc.). Prevê ainda medidas destinadas a evitar e a reduzir as emissões das referidas actividades para o ar, a água e o solo, incluindo medidas relativas aos resíduos, de forma a melhorar a qualidade do ambiente, a proteger a saúde humana e a assegurar o uso racional de recursos naturais. A Directiva 2003/35/CE que estabelece a participação do público na elaboração de certos planos e programas relativos ao ambiente, altera a directiva 96/61/CE com vista a garantir a sua plena compatibilidade com as disposições da Convenção de Aarhus sobre o acesso à informação, a participação do público na tomada de decisões e o acesso à justiça no domínio do ambiente às suas próprias instituições e organismos. A Directiva 2003/87/CE relativa à criação de um regime de comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estufa na Comunidade Europeia, altera a directiva 96/61/CE por forma a garantir que não sejam estabelecidos valores-limite de emissão no que respeita às emissões directas de gases com efeito de estufa de certas instalações abrangidas pela directiva. Dá ainda o poder de decisão aos estados-membros de não impor normas relativas à eficácia energética no que se refere às unidades de combustão que emitem dióxido de carbono no local, sem prejuízo de quaisquer outros requisitos no âmbito da Directiva 96/61/CE.

2.2.2 Legislação Portuguesa

Todas as directivas europeias referidas foram posteriormente transpostas para a legislação portuguesa. Na **Tabela 2-3** estão apresentados os dois principais diplomas que decretam a forma como devem ser geridos os resíduos e mais especificamente os óleos usados.

Tabela 2-3 – Legislação Portuguesa relativa à gestão dos resíduos e à gestão dos óleos usados.

	Decreto-Lei n.º 153/2003 de 11 de Julho	Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro
Disposições Gerais	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de óleos novos e óleos usados, assumindo como objectivo prioritário a prevenção da produção, em quantidade e nocividade, desses resíduos. - Excluem-se desta definição os óleos usados com concentrações de PCB/PCTs superiores a 50ppm abrangidos pelo Decreto-Lei n.º 277/99, de 23 de Julho. 	<ul style="list-style-type: none"> - O diploma estabelece o regime geral da gestão de resíduos. Compreende toda e qualquer operação de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos, bem como as operações de descontaminação de solos e a monitorização dos locais de deposição após o encerramento das respectivas instalações.
Princípios de Gestão	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelece-se a seguinte hierarquia de operações de gestão de óleos usados: <ol style="list-style-type: none"> a) Regeneração; b) Outras formas de reciclagem; c) Outras formas de valorização. - São proibidas: <ol style="list-style-type: none"> a) Descargas de óleos usados nas águas de superfície, subterrâneas, de transição, águas costeiras e marinhas e nos sistemas de drenagem; b) Descargas no solo; c) Operações de gestão de óleos usados susceptível de provocar emissões atmosféricas que ultrapassem os valores limites previstos na legislação; d) A valorização energética de óleos usados na indústria alimentar; e) Qualquer mistura de óleos usados de diferentes características ou com outros resíduos ou substâncias. 	<ul style="list-style-type: none"> - As operações de gestão devem decorrer preferencialmente em território nacional. - Estabelece-se a seguinte hierarquia de operações de gestão de resíduos: <ol style="list-style-type: none"> a) Reutilização; b) Reciclagem; c) Outras formas de valorização; d) Aterro. - É privilegiado o recurso às melhores tecnologias disponíveis com custos economicamente sustentáveis que permitam o prolongamento do ciclo de vida dos materiais. - É criado o Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos (SIRER) que agrega toda a informação relativa aos resíduos produzidos e importados para o território nacional e a entidades que operam no sector dos resíduos.
Entidades e Competências	<ul style="list-style-type: none"> - Os produtores de óleos novos são responsáveis pelo circuito de gestão dos óleos usados, podendo transferir esta responsabilidade a uma entidade gestora do sistema integrado devidamente licenciada para o efeito, - Os produtores de óleos usados são responsáveis pela sua correcta armazenagem e integração no circuito de gestão dos óleos usados. - Os operadores de gestão de óleos usados são responsáveis pelo adequado funcionamento das operações de gestão de óleos para que estão licenciados/autorizados. - A comissão de acompanhamento da gestão do óleos usados (CAGEO) é uma entidade de consulta técnica que prepara as decisões a adoptar, acompanha a execução de acções inerentes aos sistemas de gestão dos óleos e assegura a ligação entre as autoridades públicas e os diversos agentes económicos abrangidos pelo diploma. 	<ul style="list-style-type: none"> - O produtor é responsável pela gestão dos resíduos urbanos que produz, excepto aqueles cuja produção diária não exceda 1 100 l, caso em que a respectiva gestão é assegurada pelos municípios. - A responsabilidade da gestão recai sobre o detentor aquando da impossibilidade de determinação do produtor do resíduo. - A responsabilidade pelos resíduos que provêm do exterior do país cabe aos responsáveis pela sua introdução em território nacional. - Também é possível a transmissão de qualquer uma das responsabilidades referidas anteriormente a um operador licenciado de gestão de resíduos ou pela sua transferência, nos termos da lei para às entidades responsáveis por sistemas de gestão de fluxos de resíduos. - Os cidadãos são responsáveis pela adopção de comportamentos de carácter preventivo em matéria de produção de resíduos, bem como práticas que facilitem a respectiva reutilização e valorização. - Compete à Autoridade Nacional dos Resíduos (ANR) assegurar e acompanhar a implementação de uma estratégia nacional para os resíduos (licenciamentos, emissão de normas técnicas, etc.) - É criada a Comissão de Acompanhamento da Gestão de Resíduos (CAGER) que constitui uma entidade de consulta técnica funcionando na dependência da ANR.

Tabela 2-3 (continuação) – Legislação Portuguesa relativa à gestão dos resíduos e à gestão dos óleos usados

Procedimentos de Licenciamento e Autorização	<p>- Para tomar a seu cargo a gestão dos óleos usados ao abrigo do sistema integrado, a entidade gestora carece de licença a conceder pelos Ministérios da Economia e das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. A entidade gestora deve então solicitar, através de um requerimento, a respectiva licença ao Instituto dos Resíduos.</p> <p>- As operações de armazenagem, tratamento e valorização de óleos usados estão sujeitas a autorização prévia nos termos do Decreto-Lei nº178/2006.</p>	<p>- As operações de armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos estão sujeitas a licenciamento. Não estão sujeitas a licenciamento as operações de recolha, de transporte de resíduos, de valorização energética de biomassa e de armazenagem de resíduos que seja efectuada no próprio local de produção por período inferior a um ano.</p> <p>- As entidades gestoras de sistemas de gestão de fluxos específicos de resíduos são licenciadas nos termos da legislação aplicável ao respectivo fluxo.</p> <p>- As operações de eliminação e valorização de resíduos não perigosos, quando efectuadas pelo seu produtor e no próprio local de produção, estão dispensadas de licenciamento sempre que resulte a adopção de normas específicas para cada tipo de operação e a fixação dos tipos e das quantidades de resíduos a eliminar ou valorizar.</p>
Fiscalização e Sanções	<p>- A fiscalização do cumprimento do Decreto-Lei compete ao Instituto dos Resíduos. As operações de gestão de óleos usados estão sujeitas a um controlo, com uma periodicidade mínima anual, da Inspeção-Geral do Ambiente, integrado no plano anual de actividades deste organismo.</p>	<p>- A fiscalização do cumprimento do presente diploma compete às Autoridades Regionais de Resíduos (ARR), à Inspeção-Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território, aos municípios e às autoridades policiais.</p>

Além da legislação relativa à gestão dos resíduos e dos óleos usados, também importa referir outros decretos-lei, assim como, algumas portarias e despachos relativos, directa ou indirectamente, à gestão dos óleos usados.

- **Portaria n.º 240/92, de 25 de Março** que aprova o regulamento de licenciamento das actividades de Recolha, armazenagem, tratamento prévio, regeneração, recuperação e combustão e incineração dos óleos usados;
- **Portaria n.º 1028/92, de 5 de Novembro** que estabelece normas de segurança e identificação para o transporte de óleos usados;
- **Despacho conjunto DGE/DGQA, de 18 Maio de 1993** que define óleos usados e as especificações a que devem obedecer os óleos usados a utilizar como combustível;
- **Decreto-Lei nº 194/2000** tem por objecto a prevenção e o controlo integrados da poluição proveniente de certas actividades e o estabelecimento de medidas destinadas a evitar ou, quando tal não for possível, a reduzir as emissões dessas actividades para o ar, a água ou o solo, a prevenção e controlo do ruído e a produção de resíduos, tendo em vista alcançar um nível elevado de protecção do ambiente no seu todo, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva nº 96/61/CE, do Conselho, de 24 de Setembro.
- **Decreto-Lei nº 85/2005** estabelece o regime a que fica sujeita a incineração e a co-incineração de resíduos, com o objectivo de prevenir ou, tanto quanto possível, reduzir ao mínimo os seus efeitos negativos no ambiente, em especial a poluição resultante das emissões para a atmosfera, para o solo e para as águas superficiais e subterrâneas, bem como os riscos para a saúde humana, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva nº 2000/76/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Dezembro, relativa à incineração de resíduos.
- **Despacho conjunto nº 662/2005** que estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de óleos novos e óleos usados e que revê e completa a transposição para a ordem jurídica interna da Directiva 2000/76/CEE
- **Licença Açores (Despacho conjunto nº 1514/2005 de 27 de Dezembro) e Licença Madeira de 15 de Dezembro de 2005** que estendem as licenças concedidas à SOGILUB, às regiões autónomas dos Açores e Madeira;
- **Portaria nº 1407/2006** que estabelece as normas e regula os procedimentos do pagamento da taxa de gestão de resíduos incidente sobre as entidades gestoras de sistemas de gestão de fluxos específicos de resíduos, individuais ou colectivos, de centros integrados de recuperação, valorização e eliminação de resíduos perigosos (CIRVER), de instalações de

incineração e co-incineração de resíduos e de aterros sujeitos a licenciamento da ANR ou das ARRs;

- **Portaria nº 1408/2006** que regula o funcionamento e os prazos concedidos aos utilizadores para registo no SIRER que é um sistema que procura disponibilizar, por via electrónica, um mecanismo de registo e acesso a dados sobre resíduos, substituindo, deste modo, os antigos mapas de registo de resíduos;
- **Portaria nº 320/2007** que redefine os prazos concedidos aos utilizadores para se registarem no SIRER.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DE GESTÃO DOS ÓLEOS USADOS

2.3.1 Problemática dos óleos usados na Europa e vias de tratamento

Cerca de 4 930 kt de óleos base foram consumidos na Europa em 2000, sendo que 65% eram óleos para motores de automóveis e menos de 35% óleos para equipamentos industriais. Cerca de 50% dos óleos consumidos são perdidos durante a utilização (através de processos de combustão, evaporação, resíduos de óleo que ficam nas embalagens, etc.). Os restantes 50% representam a fracção de óleos usados que pode ser recolhida (Monier e Labouze, 2001).

Segundo Monier e Labouze (2001), a média da taxa de recolha dos óleos usados na UE, em 2000, atingiu valores entre 70 e 75% (cerca de 1 730 kt foram recolhidos). A quantidade restante (675 kt) que corresponde a cerca de 25-30% do total de óleos usados produzidos é contabilizada como sendo ilegalmente queimada ou depositada no ambiente sem tratamento prévio. Estes valores contudo variam de país para país. A eficiência dos sistemas de recolha de óleos usados é normalmente muito elevada para óleos de motor e baixa para óleos industriais negros. No entanto, acordos existentes na Europa para a recolha e eliminação de óleos usados são normalmente bem estabelecidos para óleos usados de origem industrial ou de automóveis (e.g., garagens). Os óleos provenientes de mudanças de óleo “caseiras” normalmente apresentam maior risco de não serem recolhidos e de serem depositados de forma imprópria.

É importante notar que as bases de dados nacionais relativas às quantidades recolhidas são normalmente insuficientes e heterógeneas entre cada Estado-membro. No entanto, os Estados-membros beneficiariam com a implementação de bases de dados definidas de forma harmonizada e com regras de cálculos normalizadas (Monier e Labouze, 2001).

As medidas de apoio e incentivo nos mercados dos óleos usados na Europa, variam de acordo com cada país. Na **Tabela 2-4**, apresenta-se um resumo das principais medidas adoptadas por vários países da UE para regulamentar o mercado dos óleos lubrificantes.

Tabela 2-4 – Algumas medidas de apoio e incentivo à recolha dos óleos lubrificantes usados na UE (Adaptado de: CONCAWE, 1996; Monier e Labouze, 2001; Cyclon Hellas S.A., 2005)

Países da União Europeia	Medidas legislativas adoptadas
Alemanha	<ul style="list-style-type: none">• Os detentores de óleo usado devem armazenar os mesmos de forma separada de acordo com a qualidade. Os óleos aptos para regeneração devem ser separados dos restantes• Os pontos de venda de óleo lubrificante estão obrigados a ter um ponto de recolha para o óleo usado e para as embalagens de óleo vazias• É imposta uma taxa aos lubrificantes novos colocados no mercado (16 €/t de óleo em 2001)• Até 2001 não existiam ajudas de custo para as empresas de regeneração (nem isenção de taxas, nem subsídios), não sendo por isso possível estas comprarem óleo usado e competir com as instalações de queima. A partir de 2001 as empresas regeneradoras têm direito a um subsídio de 2,6 milhões de € anuais
Áustria	<ul style="list-style-type: none">• Os pontos de venda de óleo estão obrigados a ter um ponto de recolha para o óleo usado e para as embalagens de óleo vazias (serviço gratuito para os utilizadores que depositam a mesma quantidade de óleo usado que o óleo novo que compram)• É imposta uma taxa aos lubrificantes novos colocados no mercado (378 €/t de óleo em 2001)• Os detentores de óleos usados têm que pagar entre 75 e 302 €/t de óleo usado para cobrir os custos de recolha (no entanto não é uma medida de incentivo)

Tabela 2-4 (continuação) – Algumas medidas de apoio e incentivo à recolha dos óleos lubrificantes usados na UE (Adaptado de: CONCAWE, 1996; Monier e Labouze, 2001; Cyclon Hellas S.A., 2005)

França	<ul style="list-style-type: none"> • As estações de serviço e as garagens estão obrigadas a ter depósitos de óleo usado • As autoridades locais também estão obrigadas a ter depósitos de óleo usado para o público e as empresas de recolha são obrigadas a recolher qualquer quantidade de óleo usado (acima de 600 l) • O preço do óleo usado para regeneração pago às entidades de recolha é igual ao usado para queima. No entanto, se não for fornecido óleo usado em quantidade suficiente à empresa ECO-HUILE (de regeneração), a ADEME (agência ambiental) paga um bónus temporário às empresas de recolha de forma a restituir o <i>stock</i> da empresa de regeneração • Os custos da recolha dos óleos usados estão a cargo da ADEME que utiliza o dinheiro de taxas impostas às actividades poluentes e das taxas impostas pela queima de óleo usado • Os detentores de óleo usado devem-no fornecer aos recolhedores. Sendo o serviço destes livre de encargos • É imposta uma taxa aos lubrificantes novos colocados no mercado (38 €/t de óleo que gera óleo usado em 2001) • Existe um esforço para coordenar ou centralizar a actividade de recolha de forma a incentivar as taxas de recolha, desencorajar a realização de circuitos ilegais e diminuir os custos de recolha
Itália	<ul style="list-style-type: none"> • Os produtores de óleos lubrificantes novos pagam uma taxa ao responsável pela recolha, recuperação e destino final dos óleos usados (Consortium) • Os detentores de óleos usados usufruem de um sistema de recolha livre de encargos • Existe um sistema de monitorização que está a cargo dos respectivos ministérios • As empresas de regeneração compram os óleos usados ao Consortium • A taxa de incorporação de óleo de base regenerado no óleo de base virgem é de 50% • É imposta uma taxa aos lubrificantes novos colocados no mercado (665-667 €/t de óleo em 2001) e os óleos novos produzidos a partir de óleo base regenerado estão parcialmente isentos de impostos • Existe um esforço para coordenar ou centralizar a actividade de recolha de forma a incentivar as taxas de recolha, desencorajar a realização de circuitos ilegais e diminuir os custos de recolha
Dinamarca	<ul style="list-style-type: none"> • Todas as empresas que produzam resíduos oleosos estão obrigadas a notificar a autoridade, independentemente da quantidade da sua produção • As autoridades locais são as responsáveis pela recolha dos óleos usados assim como por disponibilizar locais de recolha • Existe um esforço para coordenar ou centralizar a actividade de recolha de forma a incentivar as taxas de recolha, desencorajar a realização de circuitos ilegais e diminuir os custos de recolha • As empresas de recolha são subsidiadas (entre 41-101 €/t de óleo usado em 2001) • O óleo usado utilizado como combustível é submetido a uma ecotaxa de 304 €/t (em 2001), porém é garantido o pagamento no valor de 304 € a todas as instalações menos à instalação de incineração (<i>Kommunekemi</i>). • É imposta uma taxa aos lubrificantes novos colocados no mercado (113 €/t de óleo)
Finlândia	<ul style="list-style-type: none"> • É expressamente proibida a queima de óleos usados em unidades com uma capacidade energética igual ou inferior a 5 MW • As autoridades locais responsáveis pela recolha do óleo usado estão obrigadas a proceder à recolha de todos os resíduos oleosos, independentemente da quantidade • Existem três empresas de recolha licenciadas para o efeito que têm o monopólio nas 12 regiões da Finlândia, transportando o óleo usado para a principal empresa privada de eliminação de resíduos perigosos (EKOKEM) ou outras pequenas instalações de incineração ou tratamento • Existe um esforço para coordenar ou centralizar a actividade de recolha de forma a incentivar as taxas de recolha, desencorajar a realização de circuitos ilegais e diminuir os custos de recolha • Os detentores de óleo usado usufruem de um sistema de recolha livre de encargos, desde que tenham mais de 1 tonelada (com menos de 10% de água, com nível baixo de PCBs e um <i>flash point</i> (ponto de inflamação) de pelo menos 55°C). A recolha é financiada pela empresa EKOKEM • Apesar de não se aplicarem taxas ao óleo usado utilizado como combustível, e dos óleos regenerados não estarem isentos de taxas, os lubrificantes novos colocados no mercado são submetidos a uma taxa • As empresas de recolha são subsidiadas (entre 44-110 €/t de óleo usado em 2001)
Grécia ¹	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os parâmetros que afectem o desempenho do processo de recolha são sujeitos a uma monitorização contínua de dados em tempo real. Assim, a empresa responsável pela monitorização tem controlo completo da actividade de recolha e está em posição de agir perante situações de perigo ambiental (e.g., derrame ou comercialização ilegal de óleos lubrificantes) • Como não existem óleos lubrificantes usados que não sejam adequados ao processo de regeneração (óleos lubrificantes livres de PCBs e PCTs), nas maiores regiões da Grécia (Thessaloniki e Patras), todas as quantidades recolhidas são enviadas para regeneração
Espanha	<ul style="list-style-type: none"> • As empresas de recolha são subsidiadas pelo governo e pelos operadores de tratamento (entre 31-50 €/t em 2001). Na região da Catalunha os custos de recolha são suportados pelos detentores de óleos usados, no entanto, o óleo recolhido é livre de encargos para as empresas de regeneração • As empresas de regeneração são subsidiadas (88-94 €/t de óleos usado, em 2001) • Na região da Catalunha, é imposta uma taxa aos lubrificantes novos colocados no mercado (78,5 €/t de óleo). Nas restantes regiões de Espanha não é aplicada nenhuma taxa

¹ Sistema de gestão de óleos lubrificantes precário (baixas taxas de recolha e reutilização) até 2006, em que foi implementado o projecto ICOL (*Innovative Collection System and Life Cycle Assessment for Waste Lube Oils*)

2.3.1.1 Vias de tratamento dos óleos usados na Europa

Os óleos lubrificantes usados podem ser recuperados até atingirem uma qualidade igual a alguns grupos de óleos base para produzir óleos lubrificantes, processo denominado por regeneração de óleo.

Existem inúmeros locais licenciados e especializados na recuperação de diferentes fluxos de óleos usados. Também existem numerosas instalações de tratamento químico e estações de transferência que possuem unidades de separação que realizam uma primeira separação entre os óleos e as águas residuais antes de enviarem os mesmos para outras instalações de processamento.

Existe uma grande variedade de instalações de processamento e tratamento dos óleos usados na UE. Porém, podem referir-se dois tipos principais de tratamento aplicados a estes resíduos. Um refere-se à utilização do óleo usado como combustível e o outro tipo de tratamento corresponde ao processo de regeneração em que parte do óleo usado (tipicamente 50%-60% em massa) é reutilizada como óleo base para lubrificantes. Existe igualmente uma grande variedade de processos utilizados para tratar os óleos: mistura; separação/tratamento químico, destilação e fraccionamento (ou *cracking*).

Os valores económicos e caloríficos são recuperados a diferentes níveis dependendo do tratamento aplicado aos óleos usados. As duas técnicas principais (i.e. regeneração e queima directa, geralmente em cimenteiras) correspondem a cerca de 60 % em massa, da quantidade total recuperada. Os outros dois métodos, o reprocessamento e a recuperação (utilizado para óleos hidráulicos), correspondem a cerca de 30 % em massa da quantidade total dos óleos recuperados (EC, 2006).

A **Figura 2-3** mostra um sumário das percentagens dos tipos de tratamentos utilizados para óleos usados em cada país da UE (até 2001). Segundo dados do sector, em 1993 os óleos usados recolhidos eram eliminados através da queima directa (32% em massa), pelo processo de regeneração (32% em massa), pelo reprocessamento de combustível industrial (25% em massa) e por recuperação de óleos industriais específicos (11% em massa). Estas percentagens contudo já se alteraram como se pode verificar pela **Figura 2-3**.

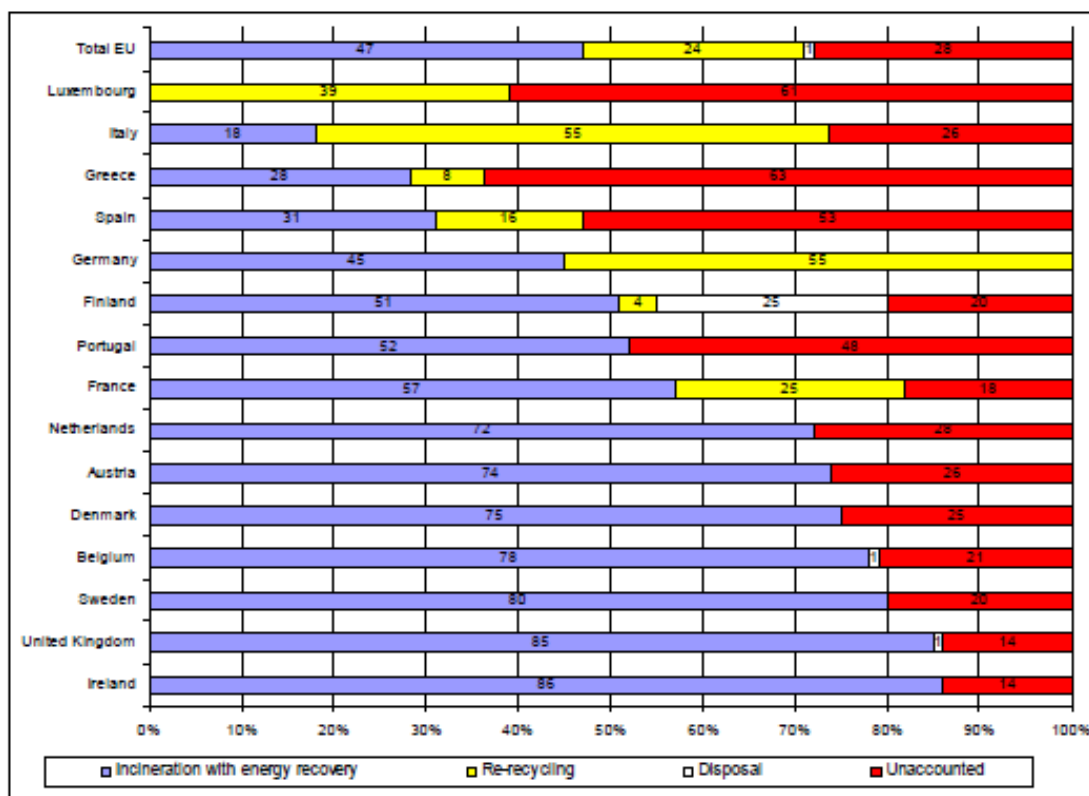


Figura 2-3 – Gestão de óleos usados na UE em 1999 (Fonte: Monier e Labouze, 2001).

2.3.1.1.1 Regeneração

Em 2000 foram produzidas cerca de 220 kt de óleo base regeneradas, segundo Monier e Labouze, (2001) que corresponde a menos de 5% do total de procura de óleo base na Europa. Em anos recentes, o nível de regeneração tem diminuído em alguns países pioneiros desta técnica, nomeadamente França, Alemanha, Itália e Reino Unido.

Existem cerca de 400 instalações de regeneração a nível mundial, com capacidade total de 1888 kt/ano. Apesar da maioria destas instalações estar localizada na Ásia (Índia, China e Paquistão), a capacidade individual para cada uma destas instalações é baixa, sendo em média 2 kt/ano. A maioria destas instalações utiliza tratamentos à base de ácido/argila e existem poucas que produzem bases de óleo regeneradas de boa qualidade ou que tenham em conta a problemática ambiental das suas instalações (EC, 2006).

As instalações de regeneração podem ajustar a quantidade de óleo base regenerada e de combustíveis produzidos de acordo com a situação local e internacional (e.g., preços de óleo crude, procura no mercado, subsídios, etc.).

2.3.1.1.2 Preparação do óleo usado para ser utilizado como combustível

Cerca de 50% do óleo usado não é óleo lubrificante usado ou não pode ser regenerado para produzir óleo base (i.e. óleos usados provenientes de barcos e lavagem de tanques, óleos usados proveniente da separação de óleo e água, óleos usados de emulsões, etc.). Estes óleos usados podem ser então alterados e convertidos para produzir outros produtos de óleo (e.g., combustível). Cerca de 17% do total dos óleos usados é queimado em cimenteiras, que corresponde a cerca de 35% dos óleos usados queimados. Outros sectores que utilizam óleos usados como combustível são:

- Alto-Forno, como substituto do coque-pet (e.g., Bélgica);
- Fábricas de tijolos (e.g., Espanha);
- Fábricas de cerâmica (e.g., Espanha)
- Instalações de combustão de grandes dimensões (e.g., Espanha);
- Fornos de cal (e.g., Espanha e Bélgica);
- Instalações de fraccionamento, para produzir novos combustíveis (e.g., Bélgica de acordo com as normas legislativas);
- Instalações em portos que recebem os óleos usados e convertem-nos em combustível para navios (e.g., Malta);
- Incinerador de resíduos;
- Aquecedores (estações de serviço, estufas, etc.);
- Instalações de produção de asfalto.

É ilegal eliminar óleos usados em aterros ou sarjetas de águas residuais, segundo a legislação europeia. Em alguns casos, os óleos usados são aplicados para selar estradas. Era desconhecido o destino de cerca de 25% dos óleos usados na UE em 1999 (EC, 2006).

2.3.2 Problemática dos óleos usados em Portugal e vias de tratamento

De acordo com dados da Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda. (SOGILUB) e da Direcção Geral de Energias e Geologia (DGGE), no início da década de 90 eram colocados no mercado anualmente, mais de 100 000 toneladas de óleos lubrificantes e apenas uma pequena percentagem (entre 2 e 4% de acordo com a DGGE) destes eram recolhidos (Netresíduos, 2001). Verificou-se um aumento da taxa de recolha destes óleos lubrificantes ao longo da década, sendo presentemente recolhidos entre 40 e 50% dos óleos colocados no mercado. É importante ter em conta que na prática é possível recolher em média 55% (Monier e Labouze, 2001), visto que o restante é perdido com o uso (através da combustão, evaporação, quantidades residuais que permanecem no local de uso, etc.).

Antes da criação da SOGILUB e até ao ano 2000, a gestão dos óleos usados era realizada através de várias empresas que estabeleciam um sistema de recolha porta-a-porta, pagando às garagens e

estações de serviço pelo óleo usado. Esse óleo era sujeito a uma operação de pré-tratamento durante a qual lhe era retirado a água, as partículas sólidas, incluindo metais residuais, sendo depois vendido para alimentar caldeiras e equipamentos similares em substituição do óleo *fuel*. Os níveis de recolha até então eram fracos e prendiam-se ao facto de não existir uma rede oficial de recolha que abrangesse todo o território nacional (FEUP, 2001).

Após a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 153/2003, relativo à eliminação dos óleos usados foi criada a SOGILUB que viria a assegurar a implementação de um efectivo procedimento de recolha e tratamento dos óleos usados e apresentaria, até finais de 2006, um estudo de viabilidade técnico-económica da implementação de uma unidade de regeneração destes produtos em Portugal (SOGILUB, 2007). Na **Figura 2-4** encontra-se esquematizado o modelo de gestão dos óleos usados após a criação da SOGILUB.



Figura 2-4 – Modelo da gestão dos óleos usados (Fonte: SOGILUB, 2007).

A actividade de regeneração de óleos, até à data referida, não tinha sido economicamente atractiva, sobrevivendo, por vezes, na base dum sistema de subsídios (os óleos base produzidos não tinham valor no mercado português). Ainda em 2002, Portugal é alvo de uma queixa por parte da Comissão Europeia por ter dado prioridade à co-incineração em detrimento da reciclagem de lubrificantes para veículos e motores. Os óleos lubrificantes, mesmo depois de usados, têm um poder calorífico muito elevado, e por este motivo, são os primeiros resíduos a interessar às cimenteiras no esquema da co-incineração. As apostas do governo reverteram, primeiramente, para dar prioridade à reciclagem dos óleos e em finais de 2006, com vista ao princípio da auto-suficiência, a SOGILUB apresenta as conclusões do estudo de viabilidade tecno-económica relativa à instalação de uma indústria de Regeneração em Portugal (FEUP, 2002). Os resultados do estudo efectuado permitiram concluir que, do ponto de vista técnico, era viável a instalação de uma unidade de regeneração em Portugal, visto existirem tecnologias desenvolvidas e em desenvolvimento que podiam ser adaptadas à realidade nacional. Contudo, também se verificou que os aspectos de natureza ambiental deveriam ser salvaguardados, de modo a reduzir o impacto deste tipo de unidades, que para certas tecnologias ainda é bastante apreciável. Relativamente à viabilidade económica, não foi possível obter conclusões tão seguras, uma vez que essa viabilidade é dependente de várias condicionantes. A instalação de uma unidade de regeneração em Portugal, dada a reduzida dimensão de geração de óleos usados, é viável apenas no caso das tecnologias apresentarem valores de investimento reduzidos e custos de operação também relativamente baixos (SOGILUB, 2006). Apesar de todas as condicionantes relativas à regeneração, o Decreto-Lei n.º 153/2003, dá prioridade a esta opção, em detrimento da reciclagem e da valorização energética. O Decreto-Lei referido, refere metas para as taxas de recolha, reciclagem e valorização até finais de 2004, enquanto que numa segunda fase, mais exigente (até finais de 2006) para além das metas referidas anteriormente, tinha uma meta para a regeneração de óleos usados, sendo a meta de recolha incrementada em relação à primeira fase. As taxas de recolha em 2006 e 2007, ou seja, nos dois primeiros anos de funcionamento da SOGILUB, ficaram abaixo da meta prevista na licença (abaixo dos 85%), devido ao encaminhamento de óleos usados para aplicações do mercado paralelo num contexto de alta do preço do petróleo, que se traduz num aumento do valor dos óleos usados no mercado. No entanto, a SOGILUB atingiu os objectivos previstos para a valorização de óleos usados, tendo ultrapassado largamente as metas de regeneração e de reciclagem. A totalidade dos óleos que não são reciclados ou regenerados devem ser valorizados energeticamente, meta que não foi atingida devido à acumulação em *stock*, que

resulta da gestão tecno-económica e sobretudo legal do encaminhamento dos mesmos para destino final (SOGILUB, 2007).

Além das alterações anteriormente referidas relativas às formas de tratamento e valorização dos óleos usados, após um ano de implementação do Sistema Integrado de Gestão de Óleos Usados (SIGOU), este induziu ainda à (SOGILUB, 2006):

- Adesão de cerca de 250 empresas que colocam óleos novos no mercado, transferindo para a SOGILUB a responsabilidade pela respectiva gestão;
- Alteração da forma de recolha, que passou a ser realizada por zonas, com responsabilização da empresa coordenadora de cada zona pelo desempenho e qualidade do serviço aí prestado;
- Obrigatoriedade da entrega dos óleos usados pelos produtores dos mesmos à SOGILUB e passa também a ser obrigatório o cumprimento de especificações técnicas mínimas em vigor, tendo direito à recolha sem custos;
- Iniciação do processo de caracterização da qualidade dos óleos usados junto dos respectivos produtores;
- Cancelamento da entrega de óleos para valorização energética à quase totalidade das indústrias que o consumiam como combustível, à excepção de uma unidade licenciada para o efeito;
- Lançamento de um sistema informático que permite o registo de todos os movimentos do óleo usado desde a recolha junto do produtor até à entrega ao destino final (SI-Oil).

2.3.3 Caracterização do Sistema SOGILUB

A SOGILUB é a única entidade que está licenciada para a organização e condução do SIGOU em Portugal. É uma sociedade por quotas constituída em 17 de Setembro 2004, no quadro do Decreto-Lei n.º 153/2003, de 11 de Julho, que estabelece o regime jurídico para a gestão de óleos novos e de óleos usados. A entidade licenciou-se a 15 de Julho de 2005 pelo Despacho Conjunto n.º 662/2005, de 6 de Setembro, do Ministério da Economia e da Inovação e do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

É uma empresa privada, sem fins lucrativos, estando vedada a distribuição de lucros do exercício aos sócios (a APETRO detém 60% do capital social e a UNIOIL detém os restantes 40%), devendo os resultados líquidos ser reinvestidos e/ou servir para financiar actividades desenvolvidas no âmbito da Sociedade.

Esta entidade tem por objecto a prestação de serviços de gestão integrada de óleos lubrificantes usados, incluindo a organização da recolha, transporte, armazenagem, tratamento e valorização (nomeadamente, regeneração, reciclagem e valorização energética), a realização de estudos, campanhas, promoções e acções de comunicação, assim como, o desenvolvimento e manutenção informática de bases de dados.

O financiamento e a gestão operacional do SIGOU ficam assegurados pelos produtores de óleos novos (PrON) que são responsáveis pelo destino dos óleos usados gerados, sendo condição obrigatória para a colocação de óleos novos no mercado nacional a adesão daqueles a um sistema individual ou a um sistema integrado de gestão de óleos usados. De igual modo, os produtores de óleos usados (PrOU) são responsáveis pela sua correcta armazenagem e integração num sistema integrado de gestão de óleos usados. No final de 2007, o sistema integrado incluía um total de 293 PrON, que haviam transferido a responsabilidade pela gestão dos óleos usados gerados para o SIGOU, através do pagamento do serviço (prestação financeira denominada por ECOVALOR e que remontava, em 2007, a 0,063€/l sem IVA) correspondente à quantidade dos óleos novos colocadas no mercado (SOGILUB, 2007).

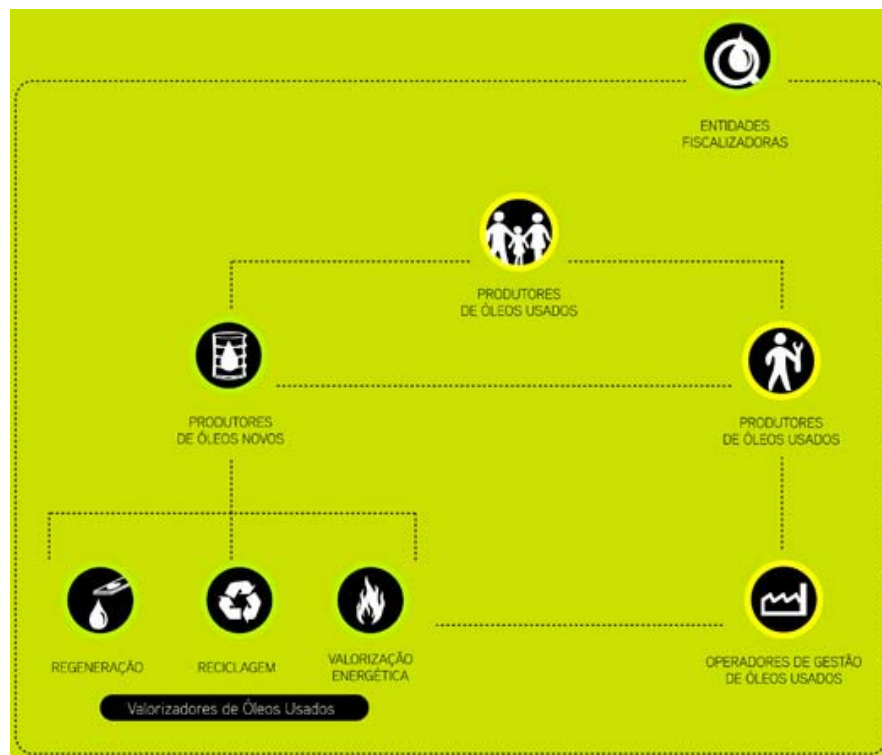


Figura 2-5- Intervenientes no ciclo de vida dos óleos lubrificantes (Fonte: SOGILUB, 2006).

A fiscalização da Sociedade compete a um Conselho Fiscal, e é responsável pelo controlo das características e verificação das conformidades dos óleos usados junto às unidades de tratamento e nos produtores dos mesmos.

A SOGILUB desenvolve igualmente acções de comunicação e sensibilização para apelar tanto aos consumidores como aos PrOU, através de campanhas de imprensa, campanhas de sensibilização (visitas individuais a todos os PrOU aderentes ao SIGOU); *Soft Sponsoring*, participação em eventos (SOGILUB, 2007).

A actividade de recolha dos óleos usados no âmbito do SIGOU é assegurada por um conjunto de empresas que operam na totalidade do território nacional – Portugal Continental, Região Autónoma dos Açores e Região Autónoma da Madeira – garantindo a recolha directamente nas instalações dos PrOU. A **Tabela 2-5** e a **Tabela 2-6** apresentam os operadores de recolha de todo o território nacional:

Tabela 2-5 – Estrutura da recolha de óleos usados em Portugal Continental e respectivas empresas responsáveis (Fonte: SOGILUB, 2008).

Portugal Continental		
Empresa Responsável	Distritos onde opera a empresa	Operações
Auto Vila – Reciclagem de Resíduos Industriais, S.A.*	Coimbra, Leiria, Santarém, Lisboa e Setúbal	Recolha, transporte, armazenagem e tratamento
Carmona, Sociedade de Limpeza e Tratamento de Combustíveis, S.A.	Setúbal, Évora, Beja e Faro	Recolha, transporte, armazenagem e tratamento

Tabela 2-5 (continuação) – Estrutura da recolha de óleos usados em Portugal Continental e respectivas empresas responsáveis (Fonte: SOGILUB, 2008).

Codisa, Solventes e Codisa, S.A. - Gestão de Resíduos, S.A.**	Viana do Castelo e Braga	Recolha, transporte e armazenagem
Correia e Correia, Lda.	Porto, Aveiro, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Portalegre, Coimbra, Leiria, Santarém	Recolha, transporte, armazenagem e tratamento
José Maria Ferreira e Filhos, Lda.	Bragança, Vila Real, Lisboa, Setúbal	Recolha, transporte e armazenagem

*Devido a um processo de fusão com outras empresas em finais de 2008, esta empresa altera a sua denominação social para SISAV EGEO Industrial, S.A.

** Empresa do grupo Safetykleen Europe

Tabela 2-6 – Estrutura da recolha de óleos usados nas Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira e respectivas empresas responsáveis. (Fonte: SOGILUB, 2008).

Região Autónoma dos Açores		
Empresa Responsável	Distritos onde opera a empresa	Operações
Bensaude, S.A.	Todas as Ilhas	Recolha, transporte e armazenagem
Região Autónoma da Madeira		
Empresa Responsável	Distritos onde opera a empresa	Operações
Valor Ambiente, Gestão e Administração de Resíduos da Madeira, S.A.	Todas as Ilhas	Recolha, transporte e armazenagem

Todos os óleos usados recolhidos no âmbito do SIGOU são enviados para as unidades de pré-tratamento, onde se procede à remoção de impurezas e substâncias contaminantes dos óleos usados. Deste processo resultam óleos usados tratados, que são encaminhados na totalidade para regeneração, reciclagem e valorização energética. A **Tabela 2-7** apresenta as empresas responsáveis por cada tipo de valorização e a respectiva localização (SOGILUB, 2007).

Tabela 2-7 – Empresas responsáveis por cada forma de valorização dos óleos usados em Portugal (Fonte: SOGILUB, 2007)²

Forma de Valorização	Empresa	Localização
Regeneração	Tracemar, Tratamientos de Aceites y Marpoles, S.L.U.	Espanha
	Gauar, Gestión de Aceites Usados de Aragon, S.L.U.	Espanha

² Segundo o Relatório de Actividades da SOGILUB de 2008, esta entidade não encaminhou quaisquer óleos tratados para valorização energética, não estando a empresa MAXIT considerada na rede de operadores da SOGILUB responsável pela valorização dos óleos usados. No entanto, a empresa aparece neste estudo visto este ter sido realizado em 2007.

Tabela 2-78 (continuação) – Empresas responsáveis por cada forma de valorização dos óleos usados em Portugal (Fonte: SOGILUB, 2007)

Reciclagem	Enviroil, Resíduos e Energia, Lda ³ .	Portugal
	Argex, Argila Expandida, S.A.	Portugal
Valorização Energética	Maxit, Argilas Expandidas, S.A. ⁴	Portugal
	Gauar, Gestión de Aceites Usados de Aragon, S.L.U.	Espanha

2.4 SÍNTESE E CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 2

As principais conclusões para este capítulo encontram-se resumidas nos seguintes pontos:

- Os óleos lubrificantes são substâncias utilizadas para reduzir o atrito, lubrificando e aumentando a vida útil dos componentes móveis das máquinas, podendo ser de origem animal ou vegetal, derivados de petróleo (óleos minerais) ou produzidos em laboratório (óleos sintéticos). A maioria dos óleos lubrificantes são óleos de motor e de transmissão para mudanças automáticas. São considerados óleos lubrificantes usados quando se tornam impróprios para o uso a que estavam inicialmente destinados.
- A Directiva n.º 75/439/CEE de 16 de Junho de 1975, relativa à eliminação dos óleos usados, aborda as questões principais relacionadas com a gestão dos óleos usados a nível da recolha e eliminação dos mesmos. Dá prioridade à regeneração relativamente à combustão, devendo-se proceder à eliminação sem perigo ou à deposição controlada apenas em último caso. Esta directiva foi transposta para a legislação portuguesa pelo Decreto-Lei n.º 153/2003 de 11 de Julho.
- Existem diversas medidas de apoio e incentivo nos mercados dos óleos usados na Europa. É, assim, uma prática comum o esforço para coordenar ou centralizar a actividade de recolha de forma a incentivar as taxas desta, desencorajar a realização de circuitos ilegais e diminuir os custos associados a esta actividade. Também é prática corrente na Europa, a aplicação de taxas aos óleos lubrificantes novos colocados no mercado e o fornecimento de subsídios para a actividade de regeneração. Existem também algumas práticas que não são aplicadas em Portugal, como por exemplo:
 - Efectuar recolha selectiva (de acordo com a qualidade) de óleo usado, à semelhança de países como a Alemanha;
 - Colocar depósitos de recolha de óleos usados em diversos locais, como garagens, estações de serviço, pontos de venda de óleos lubrificantes novos e inclusivamente nas autoridades locais de forma a incentivar o público a depositar em locais próprios os óleos usados.
- Podem referir-se dois tipos principais de tratamento aplicados aos óleos usados na Europa: Utilização do óleo usado como combustível e o outro tipo de tratamento corresponde ao processo de regeneração em que parte do óleo usado é utilizado como óleo base para lubrificantes;
- Em Portugal, os óleos usados são geridos pela entidade SOGILUB, que presta serviços de gestão integrada de óleos lubrificantes usados, incluindo a organização da recolha, transporte, armazenagem, tratamento e valorização (nomeadamente, regeneração, reciclagem e valorização energética), a realização de estudos, campanhas, promoções e acções de comunicação, assim como, o desenvolvimento e manutenção informática de bases de dados.

³ A Enviroil é uma empresa considerada pela SOGILUB como uma unidade de reciclagem, o que está correcto pela definição do Decreto-lei nº153/2003 de 11 de Julho se se considerar que a empresa produz um produto designado por simil-gasóleo, a partir de óleos usados. No entanto, como este produto é em parte reutilizado para produzir energia eléctrica em motogeradores dentro da instalação, o processo deve também ser considerado como um processo de valorização energética.

⁴ Esta empresa, além de valorizar energeticamente os óleos lubrificantes usados, deveria, também, ser considerada uma empresa de reciclagem, visto que, de forma semelhante ao processo da Argex, o óleo é usado como agente expensor da argila

3 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

3.1 ASPECTOS GERAIS

3.1.1 Definição de Análise de Ciclo de Vida

Segundo as Normas ISO 14040:2006(E) e 14044:2006(E), a Análise de Ciclo de Vida (ACV) é a compilação e avaliação de entradas (ou *inputs*), saídas (ou *outputs*) e impactes ambientais de um sistema de produto ou serviço ao longo do ciclo de vida.

De acordo com as mesmas normas, a ACV tem por objecto, identificar oportunidades para otimizar o desempenho ambiental de produtos em diversos momentos do seu ciclo de vida; informar decisores políticos, industriais ou organizações não-governamentais (e.g., planeamento estratégico, estabelecimento de prioridades, *design* ou *redesign* de produtos ou processos); seleccionar indicadores relevantes de desempenho ambiental e ainda marketing (e.g., implementação de *ecolabelling*).

Por outras palavras, a Análise de Ciclo de Vida é uma ferramenta sistemática utilizada para avaliar os impactes ambientais associados a um produto ou a um serviço específico. A aplicação deste instrumento, assim como de outras práticas que visam a minimização de resíduos, levará à optimização do produto a vários níveis. Desta forma, ao aplicar este instrumento pretende-se: prevenir a poluição através da redução das emissões envolvidas nos vários processos de fabrico e/ou uso do produto ou serviço; conservar recursos; reduzir os custos associados e aumentar a competitividade do produto e torná-lo sustentável (Ciambone, 1997).

Existem alguns aspectos distintivos desta ferramenta:

- Uma perspectiva ao nível do sistema em que está inerente o conceito “do berço ao túmulo”. Este instrumento tem por objecto analisar e avaliar as múltiplas operações e actividades envolvidas na produção de um produto ou serviço;
- Uma perspectiva multimédia que sugere que o eco-balanço inclua tanto *inputs* de recursos como os resíduos e emissões para os meios ambientais mais comuns (e.g., ar, água e solo);
- Uma perspectiva baseada numa unidade funcional. A normalização dos recursos energéticos, materiais, emissões e resíduos é feita ao nível do produto ou serviço fornecido. Por esta razão, a ACV conduz a uma aproximação relativa da realidade (e.g., quantidade de recurso usado ou substância emitida por serviço ou produto) e não a uma aproximação absoluta, como no caso da avaliação de impactes ambientais (e.g., quantidades totais de recurso consumido ou concentração de substância no ambiente). Por esta razão, o analista de ACV, recorre muitas vezes a procedimentos de alocação, para que apenas algumas porções ou percentagens de uma operação específica sejam incluídas na folha de cálculo (SETAC, 1998).

3.1.2 História da Análise de Ciclo de Vida

A ACV é um instrumento que tem recebido maior atenção desde finais dos anos 80, ainda que a sua aplicação data desde os anos 60 (Curran, 1996). Nos Estados Unidos da América (EUA), este processo de quantificação dos recursos consumidos e dos produtos e emissões gerados para o ambiente, era inicialmente designado como “*Resource and Environmental Profile Analysis*” (REPA), enquanto que na Europa era conhecido como “*Econobalance*”. Apenas ficou conhecido como Análise de Ciclo de Vida ou *Life Cycle Assessment* no final da década de 80 quando se retomou o interesse por este instrumento.

A ACV começou a ser utilizada como instrumento na década de 60. Uma das primeiras publicações sobre o assunto foi apresentada em 1963, por Harold Smith, na *World Energy Conference*. O autor demonstrou através de diversos cálculos os quantitativos energéticos acumulados necessários para a produção de intermediários e produtos químicos. Alguns anos mais tarde, em 1969, um estudo para a companhia da *Coca-Cola*, realizado pelo *Midwest Research Institute* (MRI) veio a fundamentar o método de ACV. Este estudo obteve resultados interessantes visto que demonstrou que as garrafas de plástico não eram piores, do ponto de vista ambiental, do que as de vidro. Na década de 70, a MRI, assim como outras companhias como a *Arthur D. Little, Inc.* continuou a realizar estudos para

outras empresas americanas, mais usualmente empresas de embalagens. Também, na Europa começou-se a realizar estudos semelhantes (Ciambrone, 1997).

No final da década de 70 e início da década de 80 o interesse por este método decresceu nos EUA, realizando-se apenas alguns estudos neste período. No entanto, na Europa, através do *Green Movement* e da criação das *green politics*, o interesse por este tema, e outros relacionados, tornou-se crescente e passou a ser visto como um instrumento de elevada utilidade, principalmente no final da década de 80, quando surgiu a problemática mundial face aos resíduos sólidos. É importante referir que o interesse em ACV, neste período, foi maioritariamente explorado pelos grandes líderes industriais cujo intuito principal era demonstrar a superioridade ambiental dos seus produtos comparativamente aos da concorrência (Curran, 1996). Outro motivo que despertou o interesse da sociedade pela ACV foi a falta de petróleo sentida no início da década de 90.

Desta forma, em 1984 o Laboratório Federal Suíço para Teste e Investigação de Materiais (EMPA), publicou um relatório em que se estabeleceu uma base de dados para os materiais de embalagem mais importantes, assim como se introduziu um método para normalizar e agregar emissões para o ar e para a água. Ao longo da década de 80 desenvolveram-se outros estudos semelhantes em paralelo que foram refinando a forma de avaliar os impactes ambientais (Ferreira, 2004).

A partir da década de 90 as actividades de ACV voltaram a ter um elevado interesse público, tanto na Europa como nos EUA. A *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC) começou a realizar esforços no sentido de aumentar a compreensão de ACV, através da realização de diversos workshops (Curran, 1996) e desempenhou ainda um papel fundamental em reunir profissionais, utilizadores e investigadores para colaborar no melhoramento contínuo da metodologia ACV (Ferreira, 2004). Realizou-se um *workshop* em 1990 com o objectivo de discutir a terminologia que descreve a ACV que se conhece hoje em dia, assim como se chegou ao consenso que a ACV seria um instrumento definido por três fases interrelacionadas: inventário; avaliação de impactes e ainda avaliação de melhorias (Curran, 1996). Dois anos mais tarde, foi formada a Sociedade para a Promoção do Desenvolvimento de Ciclo de Vida (SPOLD), com a missão de juntar recursos, para acelerar o desenvolvimento da metodologia ACV como uma abordagem de gestão aceite para ajudar na tomada de decisão (Ferreira, 2004).

Também em 1992, a Organização Internacional para a Normalização (ISO) criou um comité técnico ISO/TC 207 para normalização de abordagens ambientais e ainda o subcomité SC 5 para normalização de abordagens de ACV. Existem actualmente dois documentos ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 que substituem edições anteriores. Desta forma, existem actualmente as seguintes normas sobre ACV:

- ISO 14040:2006, *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*
- ISO 14044:2006, *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*
- ISO/TR 14047, *Environmental management — Life cycle impact assessment — Examples of application of ISO 14042*
- ISO/TS 14048, *Environmental management — Life cycle assessment — Data documentation format*
- ISO/TR 14049, *Environmental management — Life cycle assessment — Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis*

Hoje em dia, a principal razão para a utilização de ACV prende-se com a identificação de oportunidades de optimização de um produto ou processo de forma a aperfeiçoar o perfil ambiental (Curran, 1996). É assim actualmente utilizado para *design* de produtos, assim como também é visto como uma parte essencial para conseguir objectivos mais abrangentes, tais como a sustentabilidade, sendo por isso importante para tomadas de decisão política.

3.1.3 Descrição Geral de ACV

A ACV, é, então um processo de compilação e avaliação de *inputs*, *outputs* e de impactes ambientais potenciais associados ao ciclo de vida de um produto ou serviço. A ACV de um produto inclui todos os processos associados ao longo do seu ciclo de vida, desde a extracção da matéria-prima, à produção de materiais que são utilizados para fabricar os produtos, passando ainda pelo próprio uso

do produto até à deposição final dos seus constituintes. Esta abordagem assim detalhada é usualmente caracterizada como sendo “do berço ao túmulo” (EC, 2008).

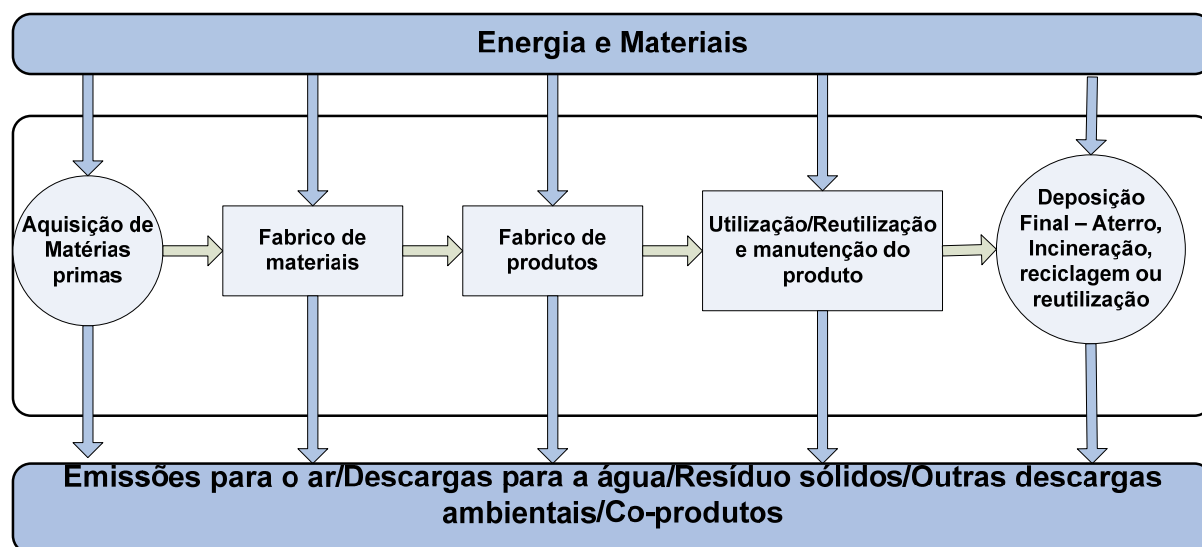


Figura 3-1 - Fluxograma representativo da ACV de um produto (Adaptado de: Curran, 1996)

Para cada etapa de um ciclo de vida os recursos, matérias-primas, produtos, electricidade, portador energético, etc. são considerados as entradas. As emissões para o ar, água e solo, bem como os resíduos e co-produtos são registados como saídas.

O histórico ambiental de alguns produtos utilizados como *input* deve ser incluído no ciclo de vida do mesmo, assim como também devem ser contabilizados os tratamentos subsequentes dados aos resíduos considerados como *outputs*. Assim, num estudo de ACV de um produto ou serviço, todas as extracções de recursos e emissões para o ambiente são determinadas, quando possível, numa forma quantitativa ao longo de todo o ciclo de vida, desde que "nasce" até que "morre" – “do berço ao túmulo” –, sendo com base nestes dados que são avaliados os potenciais impactes nos recursos naturais, no ambiente e na saúde humana.

Uma ACV descreve e analisa quantitativamente, todos os aspectos ambientais importantes de um produto, sistema ou tecnologia. A metodologia da ACV é composta por quatro componentes: definição de âmbito e objectivos; análise de inventário; análise de impactes e interpretação de resultados.

Desta forma, o ciclo de vida de um produto inicia com a remoção de matérias-primas e fontes energéticas do ambiente. Por exemplo, o cultivo de árvores ou a exploração de recursos não renováveis deve ser considerado como aquisição de matérias-primas. O transporte destes materiais desde o ponto de aquisição ao ponto de processamento deve igualmente ser incluído nesta etapa.

Na etapa de fabricação, as matérias-primas são transformadas em produtos ou embalagens. O produto ou embalagem é, então, distribuído ao consumidor. Esta etapa consiste de três fases distintas:

- **Fabrico de materiais** – Envolve actividades que convertem matérias-primas em formas que podem ser usadas para fabricar um produto final;
- **Fabrico de produtos** – Os materiais fabricados na fase anterior são processados e transformados em produtos preparados para serem embalados;
- **Embalamento/distribuição** – fase de finalização do produto e preparação do mesmo para distribuição. Inclui todas as actividades de fabrico e transporte que são necessárias para embalar e distribuir o produto final. Os produtos são transportados até ao retalhista ou directamente ao consumidor. Esta fase é importante na quantificação dos efeitos ambientais advindos do transporte realizado por camiões ou navios.

A etapa de utilização/reutilização e manutenção do produto ocorre após a distribuição do produto ao consumidor e abrange todas as actividades associadas com a vida útil do produto. Inclui as

necessidades energéticas e resíduos ambientais resultantes da armazenagem e consumo do produto. É necessário ter em conta que o produto ou material pode requerer arranjo para manter o desempenho, sendo importante considerar as entradas e saídas neste caso. Após utilização do produto o resíduo é eliminado ou valorizado.

A etapa de deposição final e gestão de resíduos inclui todas as necessidades energéticas e descargas ambientais associadas com a deposição do produto ou material.

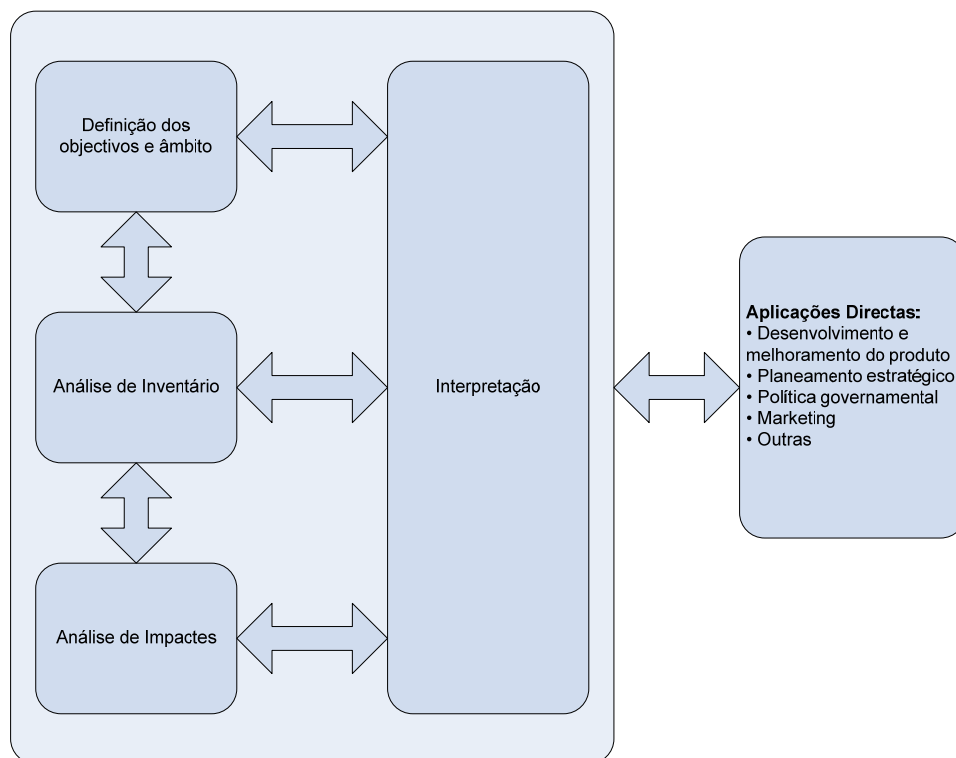


Figura 3-2 – Estágios de uma ACV (Adaptado de: ISO 14040:2006(E))

A **Figura 3-2** apresenta um diagrama dos vários estágios considerados aquando da realização de um estudo de ACV.

Desta forma, a fase de definição dos objectivos e âmbito descreve o produto, processo ou actividade e designa o propósito do estudo, as fronteiras do sistema, os limites e efeitos ambientais a serem revistos para a avaliação e ainda os pressupostos a considerar. Esta etapa é essencial para a realização da análise de inventário e de impactes (Curran, 1996).

A segunda etapa identifica e quantifica o uso de recursos, energia, água e materiais utilizados e descargas ambientais associados ao sistema avaliado. (e.g., emissões para o ar, descargas de efluentes líquidos) (Ferreira, 2004). Este tipo de análise envolve todas as etapas no ciclo de vida das várias componentes do produto em estudo. Inclui, desta forma, a aquisição de matérias-primas, a aquisição de recursos energéticos, o processamento das matérias-primas em componentes úteis, a manufatura de produtos e intermediários, o transporte de materiais para cada etapa de processamento, a manufatura dos produtos em estudo, a distribuição do produto, o uso do produto e a deposição final do mesmo (Curran, 1996).

Quando o processo de inventariação dos *inputs* e *outputs* encontra-se terminado procede-se à terceira fase, isto é, à análise de impacte. Nesta fase, analisam-se os efeitos humanos e ecológicos da utilização de recursos materiais, energéticos, de água e das descargas ambientais identificadas na análise de inventário (Ferreira, 2004). Conceptualmente, na análise de impacte existem três fases: classificação, caracterização e ponderação. A classificação consiste na aglomeração dos *inputs* e *outputs* em grupos de impactes. A caracterização é o processo de desenvolvimento de modelos que convertem os dados primários e complementares recolhidos na primeira fase, em descritores de impactes. Por fim, a ponderação consiste em atribuir valores relativos ou pesos aos diferentes impactes (Curran, 1996).

A última fase, a interpretação, consiste na avaliação dos resultados da análise do inventário e da análise de impacto para seleccionar o produto, processo ou serviço preferido (no caso em que se comparam vários sistemas diferentes) com uma compreensão clara das incertezas e conjecturas utilizadas para gerar os resultados. Poderá também ser útil para alterar o produto, processo ou serviço em estudo de forma a melhorar o seu desempenho a nível ambiental e, por vezes, a nível económico (Ferreira, 2004).

As quatro fases constituintes da ACV serão discutidas com maior detalhe nos próximos subcapítulos.

3.1.4 ACV como Instrumento: Benefícios e Limitações

3.1.4.1 Benefícios de um estudo ACV

A ACV é uma ferramenta muito utilizada para realizar comparações, a nível dos impactos ambientais, entre produtos que exercem funções semelhantes e ainda para otimizar o desempenho ambiental de um produto, processo ou serviço (Curran, 1996). Os dados de um estudo ACV em conjunto com outras informações, como dados de custo e desempenho, podem servir como apoio para os responsáveis pelas tomadas de decisão na selecção de produtos ou processos que resultem num menor impacto para o ambiente (Ferreira, 2004). Assim, uma das vantagens desta ferramenta é que permite a análise holística de um determinado sistema, de forma a poder avaliar-se se determinada prática é ambientalmente correcta ou se existem modificações a realizar em qualquer etapa do ciclo de vida do sistema de forma a minimizar os impactos ambientais do mesmo. Muitas vezes, aplicam-se modificações que aparentemente melhoram o sistema, sem se considerar as implicações de tais procedimentos. Ou seja, por vezes ocorre um fenómeno a evitar denominado “*shifting of burdens*”, que se traduz na transferência de problemas de uma parte do sistema, que se tenta aperfeiçoar, para outra. A metodologia ACV é assim a única que permite identificar estas transferências de impactos ambientais entre os vários estágios dos ciclos de vida (e.g., da fase de aquisição de matérias-primas para a fase de utilização), assim como, entre os diversos meios (e.g., a eliminação de emissões atmosféricas pode ser feita à custa do aumento das emissões de efluentes líquidos) (Curran, 1996).

Além destes benefícios, a ACV é também útil por outros motivos. Através desta metodologia é possível (EPA, 2006):

- Desenvolver uma avaliação sistemática das consequências ambientais associadas com um dado produto.
- Analisar os balanços (ganhos/perdas) ambientais associados com um ou mais produtos/processos específicos de modo a que os visados (estado, comunidade, etc.) aceitem uma acção planeada.
- Quantificar as descargas ambientais para o ar, água, e solo relativamente a cada estágio do ciclo de vida e/ou processos que mais contribuem.
- Assistir na identificação de significantes transferências de impactos ambientais entre estágios de ciclo de vida e o meio ambiental.
- Avaliar os efeitos humanos e ecológicos do consumo de materiais e descargas ambientais para a comunidade local, região e o mundo.
- Comparar os impactos ecológicos e na saúde humana entre dois ou mais produtos/processos rivais ou identificar os impactos de um produto ou processo específico.
- Identificar impactos em uma ou mais áreas ambientais específicas de interesse.

3.1.4.2 Limitações de um estudo ACV

Um dos principais obstáculos para a realização de um estudo ACV prende-se ainda com a falta de consciencialização da importância da ACV. Produtores, industriais e decisores políticos necessitam de estar mais conscientes dos impactos do ciclo de vida das suas actividades, devendo utilizar o *life cycle thinking* (ideologia da ACV) para regulação e criação de políticas a nível industrial (U.S. EPA, 2008).

A realização de um estudo de ACV pode ser muito moroso e requerer muitos recursos. Dependendo do quão rigoroso é o estudo, a recolha de dados pode tornar-se problemática, e a disponibilidade de alguns dados pode pesar na fiabilidade dos resultados finais. Deste modo, os recursos financeiros, a disponibilidade de dados e o tempo necessário para conduzir o estudo devem ser balanceados com os benefícios previsíveis do estudo. O estudo de ACV não determina o produto ou processo mais

caro ou aquele que funciona melhor. Por isso, a informação desenvolvida num estudo de ACV deve ser utilizada como uma componente de um processo de decisão que conta com outras componentes, como sejam, o custo e a *performance* (desempenho).

Outra desvantagem relaciona-se com o nível de cooperação que é necessário estabelecer com os fornecedores e vendedores de materiais e/ou produtos. Também os acordos de confidencialidade a longo prazo que se estabelecem entre a companhia e os fornecedores e vendedores podem representar um obstáculo ao acesso aos dados específicos.

Aquando da realização deste tipo de estudos surge ainda outra limitação na fase de avaliação de impactes. Enquanto que os métodos de análise de inventário têm uma base estritamente científica, a complexidade dos sistemas ambientais levou ao desenvolvimento de vários modelos de impactes, não existindo consenso para seguir apenas um tipo de modelo.

Outra limitação prende-se com a conversão dos resultados dos impactes num único resultado, na fase de interpretação do ciclo de vida, que requer juízos de valor aplicados pelo administrador ou modelador do estudo. Este procedimento pode ser realizado de diversas formas, por exemplo, através de uma comissão de peritos, mas nunca pode ser baseado unicamente nas ciências naturais (EPA, 2006).

3.1.5 Streamlining – Formas de ultrapassar os obstáculos das ACV

A ACV, além de ser um instrumento que exige um elevado investimento a nível monetário, também requer muito tempo para a conclusão da análise ao sistema em estudo, não sendo apropriado para fornecer respostas rápidas para questões imediatas. No entanto, existe um conjunto de abordagens, que servem para contornar estes problemas, praticado por algumas empresas de consultoria e industriais, denominado *streamlining*. *Streamlining* significa, em inglês, otimizar ou melhorar algo através da remoção das partes menos úteis ou que provocam maior resistência (The free Dictionary, 2008). Existem, assim, duas perspectivas para reduzir os custos e esforços envolvidos para concluir um estudo de ACV. A primeira envolve a alteração do método utilizado para o estudo, enquanto que a segunda estabelece bases de dados que contêm informação básica necessária para uma ACV, reduzindo substancialmente o esforço na fase de recolha de dados.

Apesar de terem sido sugeridos alguns métodos e procedimentos para o *streamlining* de ACV, não foi ainda determinada a validade para esta abordagem. No entanto, segundo Mary Ann Curran, existem diversos profissionais que utilizam vários métodos diferentes para aplicar esta abordagem da ACV, incluindo (Curran, 1996):

- Limitação ou eliminação de etapas do ciclo de vida – Eliminar alguns dados a montante ou a jusante do sistema em estudo, é uma técnica usada para encurtar ou limitar a quantidade de dados recolhidos;
- Selecção de impactes ambientais específicos – Através desta abordagem é possível focar o estudo nos aspectos ambientais, que o investigador ou as partes interessadas, consideram relevantes, ou em que existe dados disponíveis e quantificáveis;
- Eliminação de parâmetros de inventário específicos – Reduzir o âmbito do inventário também pode ser uma forma de facilitar a fase de recolha de dados. O âmbito pode ser reduzido através da selecção de categorias de impacte ou de problemas ambientais específicos;
- Limitação ou eliminação da fase de avaliação de impactes – Muitos estudos de ACV não incluem a fase de avaliação de impactes, sendo mais correctamente denominadas por inventários de ciclo de vida. Esta abordagem é considerada como *streamlining* visto que a fase de inventário é apenas uma parte do instrumento da ACV;
- Utilizar dados tanto qualitativos como quantitativos – Nesta abordagem, é recolhida informação qualitativa quando não se encontra disponível informação quantitativa. Os fluxogramas construídos para o estudo incluem os processos e materiais, mas não constituem verdadeiros balanços de massa, visto que não incluem dados quantitativos em cada etapa do ciclo de vida;
- Utilizar dados de substituição – Quando é difícil ou mesmo impossível a obtenção de dados de um produto ou processo específico, é possível substituir estes por dados sobre um outro produto ou processo semelhante ao que se encontra em estudo que estejam mais acessíveis;
- Limitação dos constituintes estudados – Alguns estudos de ACV eliminam os constituintes de um sistema que englobam menos de uma determinada percentagem do produto ou processo.

Para ACV completas esta percentagem é, muitas vezes, 1 %, mas para o caso em que se aplica *streamlining*, esta percentagem pode ser maior. Esta abordagem tem a vantagem de limitar o número de itens em estudo e de considerar apenas aqueles que são provavelmente mais importantes para o produto em análise, visto que contribuem para uma maior proporção ou volume do mesmo.

Também pode ser utilizado uma combinação entre as várias abordagens apresentadas. A abordagem seleccionada deve relacionar-se com os objectivos do estudo e o uso pretendido para os resultados do estudo. Os resultados devem ser avaliados dentro do contexto das limitações do estudo e não devem ser usados para sugestões ou conclusões mais abrangentes do que o inicialmente estipulado. Desta forma, devem ser consideradas algumas questões aquando da aplicação do *streamlining*, como por exemplo (Curran, 1996):

- Para que vão ser utilizados os resultados do estudo?
- Que alternativas ou acções vão ser consideradas em resultado do estudo?
- Que nível de especificidade é requerido?
- Quão específicos e bem definidos são os produtos ou processos em estudo?

3.2 METODOLOGIA ACV

3.2.1 Definição dos Objectivos e Âmbito do Estudo

Segundo o documento da EPA, "*Life Cycle Assessment: Principles and Practices*", (2006) existem algumas etapas fundamentais para se iniciar uma ACV:

1. Definição do(s) objectivo(s) do projecto;
2. Determinação do tipo de informação necessária para informar os decisores;
3. Determinação da especificidade dos dados requerida;
4. Determinação da organização dos dados e da disposição dos resultados;
5. Definição do âmbito do estudo e das regras básicas para realizar o trabalho.

3.2.1.1 Definição do(s) objectivo(s) do projecto

A Norma ISO 14040:2006(E) refere alguns pontos fundamentais a considerar aquando da definição dos objectivos de um estudo:

- A aplicação intencionada;
- As razões para realizar o estudo;
- O público-alvo, isto é, a quem se destinam os resultados do estudo, tendo especial atenção nos casos em que estes resultados se destinam a asserções comparativas a serem apresentadas em público.

A ACV é um instrumento versátil que pode ser usado para quantificar os impactes ambientais gerais resultantes de um produto, processo ou serviço. Desta forma, o objectivo fundamental é seleccionar o produto, processo ou serviço com menos efeitos na saúde humana e no ambiente. Este instrumento poderá ainda servir como suporte para a redução efectiva de recursos e emissões no desenvolvimento de novos produtos, processos ou actividades.

Contudo, além do objectivo fundamental do estudo poderão existir ainda alguns objectivos secundários dependendo do tipo de estudo a realizar, como se descreve nos exemplos seguintes (EPA, 2006):

- **Suporte nas avaliações ambientais** - A ACV é útil para compreender o resultado das alterações aplicadas a um dado processo, produto ou actividade, assim como para comparar as cargas ambientais relativas entre processos alternativos;
- **Determinação de uma base de informação para um dado processo** – É útil no estabelecimento de uma base de informação (e.g., necessidades energéticas, de recursos e cargas ambientais associadas) que descreva as actividades de produção, uso e eliminação de um sistema;

- **Classificação das contribuições relativas de cada etapa ou processo** – É possível realizar esforços no sentido de modificar as etapas com maiores necessidades energéticas ou de recursos, ou aquelas que mais contribuem para a emissão de poluentes;
- **Identificação de falhas de dados no sistema** – Através do desempenho de uma ACV é possível identificar-se dados em falta ou dados de qualidade questionável;
- **Suporte às políticas de interesse público e provisão de informação aos decisores** – Útil nas tomadas de decisão ou no desenvolvimento de instrumentos reguladores, assim como, para os industriais aquando da escolha de materiais e/ou processos alternativos. Ajuda a criar um público mais informado e sensibilizado.
- **Suporte à certificação de produtos** – Através da descrição dos efeitos individuais dos vários atributos de um produto em estudo.

3.2.1.2 Determinação do tipo de informação necessária para informar os decisores

É fulcral identificar as questões que preocupam os decisores, de forma a poder definir os parâmetros de estudo (e.g., “Qual é o produto ou processo que provoca menor impacto ambiental (em termos quantitativos) no total ou em cada estágio do ciclo de vida?” Ou “Em que medida se pode alterar um processo de forma a reduzir um impacto ambiental específico (e.g., aquecimento global)?”). Posteriormente, é importante determinar o tipo de informação necessária para responder às questões.

3.2.1.3 Determinação da especificidade requerida

No início de cada estudo, deve determinar-se o nível de especificidade, i.e., identificar se o estudo é completamente genérico ou específico a um produto. A maioria dos estudos encontra-se entre ambos os casos.

É igualmente fulcral determinar se os dados a recolher para o inventário devem ser específicos a uma empresa ou instalação de manufatura, ou se os dados devem ser mais gerais de forma a representar práticas industriais comuns. Assim, uma empresa pode estar mais interessada em analisar as próprias operações, enquanto que um grupo industrial ou uma agência governamental podem estar mais empenhados em caracterizar práticas globais de um certo tipo de indústria ou indústrias. Os dados agregados e específicos a uma dada empresa ou produto por um lado reflectem os gastos energéticos e de recursos associados a determinada operação, podendo estes dados ser usados posteriormente para comparar com os dados relativos a gastos de outras operações da empresa, por outro lado, existe a desvantagem do custo adicional e do tempo associado com a recolha de dados específicos.

O uso de dados representativos de práticas industriais comuns é vantajoso quando a companhia ainda não tem nenhum acordo com fornecedores ou vendedores de matérias-primas para uma dada operação. Porém, pode representar uma desvantagem visto que posteriormente pode ser problemático realizar comparações entre fases do mesmo ciclo de vida que usam dados específicos à empresa e dados genéricos. Outra limitação é que os dados genéricos podem dissimular as práticas e tecnologias mais nocivas para o ambiente, podendo desvirtuar as verdadeiras cargas dos fornecedores.

Desta forma, o nível de especificidade dos dados deve ser devidamente definida e comunicada para que todas as partes interessadas compreendam as diferenças nos resultados finais. A especificidade deve ser revista ao longo do estudo de forma a garantir os objectivos e âmbito definidos no início do estudo.

3.2.1.4 Determinação da organização dos dados e da disposição dos resultados

Os utilizadores de ACV definem que os dados devem ser organizados em termos de uma unidade funcional que descreva adequadamente a função do produto ou do processo em estudo. Assim e tal como refere a Norma ISO 14040:2006(E), um sistema pode ser constituído por diversas funções, dependentes do âmbito e objectivos de estudo. Assim, a unidade funcional é uma medida do desempenho das saídas funcionais do sistema de produto, que constitui a referência para a qual as entradas e as saídas são relacionadas. Esta referência é necessária para assegurar que a comparabilidade dos resultados ACV é feita numa base comum, sendo particularmente crítica quando

diferentes sistemas estão a ser avaliados. É ainda importante determinar o fluxo de referência em cada sistema de produto, i.e., a quantidade de produto necessária para concretizar a função definida.

Assim, por exemplo, se se pretender comparar dois sistemas de secagem de mãos (através de secadores e toalhetes de papel) a função será “secagem de mãos”, enquanto que a unidade funcional pode ser expressa em termos de “número de pares de mãos secas” para ambos os sistemas. O fluxo de referência pode ser por exemplo, a “média de massa de papel utilizada para secagem de um par de mãos” ou “média de volume de ar quente requerido para secagem de um par de mãos” (ISO 14040:2006(E)). Quando uma ACV é utilizada para fins comparativos, como neste caso, a base de comparação deve ser o uso equivalente, ou seja, cada sistema deve ser definido em função da quantidade de produto ou sistema equivalente distribuída ao consumidor (EPA, 2006).

Muitas das discrepâncias aparentes entre estudos ACV relatados na literatura surgem porque os sistemas não são especificados convenientemente numa base comparável ou porque sistemas diferentes estão a ser comparados (Consoli *et al.*, 1993; Ferreira, 2004).

É importante referir que a unidade funcional é definida de forma diferente para ACVs aplicadas a sistemas de produtos e ACVs aplicadas a gestão de resíduos. No primeiro caso, a unidade funcional é geralmente o produto de saída (e.g., kg de produto) enquanto que para sistemas de gestão de resíduos é a entrada de resíduo a ser tratada. A definição da unidade funcional no segundo caso constitui um problema visto que esta não é um material homogéneo, como no caso do sistema de produto, sendo composta por uma mistura de diversos tipos de produtos com propriedades físico-químicas específicas dependendo da sua composição (Escalante *et al.*, 2007).

3.2.1.5 Definição do âmbito do estudo

Segundo a Norma ISO 14040:2006(E), o âmbito do estudo deve ser suficientemente bem definido de forma a garantir que toda a extensão e detalhe do estudo seja compatível com o desígnio do objectivo. Desta forma, o âmbito do estudo, além de ter em conta as funções do sistema, deve também ter em conta o seguinte: o(s) sistema(s) em estudo; a fronteira do sistema; as categorias de impactes seleccionados, a metodologia da avaliação de impactes e a interpretação a ser usada subsequentemente; necessidade de dados; pressupostos a considerar; limitações; tipo e formato do relatório requerido.

De acordo com esta norma, os limites do sistema definem os processos unitários a ser incluídos no sistema. Idealmente o sistema de produto deve ser modelado para que as entradas e saídas do sistema no seu limite sejam fluxos elementares. A norma refere ainda a importância de registar e explanar o modelo e critério utilizado para delimitar a fronteira do sistema, visto que influencia a fiabilidade dos resultados do estudo.

Desta forma, é importante definir os limites ou fronteiras do sistema inteiro, para determinar que etapas devem ser consideradas no estudo. Assim, para simplificar a sequência de operações de uma ACV de um produto ou serviço, é necessário reparti-la em categorias primárias e secundárias. A categoria primária ou preliminar considera a sequência de actividades que contribuem para o fabrico, uso, e deposição final do produto ou material (incluindo o processo de deposição, como por exemplo, a reciclagem) enquanto que a categoria secundária inclui materiais auxiliares ou processos que contribuem para realizar algo que pertence à sequência da actividade primária. É ainda necessário considerar e descrever os processos que transformam as matérias-primas em combustíveis. O estudo de ACV de um produto pode descrever várias cadeias de materiais e/ou processos secundários afastando-se cada vez mais da cadeia principal. O analista deve então decidir quais os limites do sistema e deve ser claro sobre as razões que o conduziram a essa decisão.

Dependendo do objectivo do estudo, dos pressupostos considerados e dos limites de dados e custo é possível excluir determinados estágios ou actividades desde que tal não altere consideravelmente os resultados do estudo. Por exemplo, em estudos comparativos pode ser vantajoso excluir operações que sejam comuns aos produtos em análise (Curran, 1996). Geralmente, somente pode excluir-se uma etapa quando esta possui exactamente os mesmos processos, materiais e quantidades em todas as alternativas consideradas. É necessário ter em conta que os resultados do estudo, nestes casos, são relativos visto que excluem algumas considerações e valores relevantes do sistema total (EPA, 2006). A exclusão de uma etapa do ciclo de vida num estudo comparativo pode, também impossibilitar que este seja utilizado para outros fins que não aquele de comparar os produtos. É ainda importante notar que a necessidade de dados é maior na etapa de avaliação de impactes que

na etapa de definição dos objectivos e âmbito e na etapa de análise do inventário. Desta forma, a escolha de eliminar uma etapa de um ciclo de vida poderá não constituir problema para as primeiras etapas de uma ACV, porém, esta alternativa pode afectar os resultados na avaliação de impactes.

Além de determinar que operações são incluídas num estudo de ACV, também devem ser definidos limites espaciais e temporais. É importante definir estes limites visto que a legislação, as condições climáticas, os hábitos de consumo e as práticas no sector industrial variam nas cidades, nos estados e nos países. É importante ter em conta os limites espaciais e temporais principalmente quando se recorre a dados operacionais de outros estudos, visto que se pode retirar conclusões erróneas. Por vezes, pode ser necessário agregar dados operacionais de diversas localizações para otimizar um determinado modelo. Os limites temporais também são relevantes, pois é pouco provável que o analista consiga recolher todos os dados no mesmo período temporal, tendo este que avaliar se os dados recolhidos são representativos para o estudo, ou se é necessário recolher novos dados (Curran, 1996).

À semelhança da definição da unidade funcional, também na definição das fronteiras do sistema procede-se de forma diferente para sistemas de produto e sistemas de gestão de resíduos. Em ACVs aplicadas a sistemas de produtos as fronteiras são definidas desde a extracção de matérias-primas até à deposição final do produto após o seu uso. No caso de ACVs aplicadas a sistemas de gestão de resíduos os limites do sistema devem reflectir a fase de fim-de-vida de todos os produtos/materiais incluídos no resíduo. O “berço”, no caso de sistemas de gestão de resíduos, corresponde ao momento em que o produto perde valor para o consumidor e é eliminado. No caso dos resíduos domésticos o “berço” é representado pelo contentor de resíduos. O “túmulo” nos sistemas de gestão de resíduos é mais complicado de definir. No caso em que os resíduos têm valor comercial, a fronteira do sistema abrange o momento em que o material recupera valor ou é usado como matéria-prima secundária ou como fonte energética alternativa. No caso em que o resíduo é depositado em aterro, não existe, por enquanto, consenso sobre o horizonte temporal a considerar. No entanto, geralmente considera-se horizontes temporais de 100, 1000 até 65 000 anos, que é o período de tempo estimado para a próxima glaciação. Assim, os impactes de um sistema integrado de gestão de resíduos podem ser vistos como a agregação de impactes dos processos a montante (fornecimento de materiais e consumo de energia), operações logísticas, tratamento e processos de deposição, reciclagem e recuperação de energia. A contribuição para a redução de problemas ambientais através da recuperação energética e de materiais tem de ser deduzida aos impactes directos causados pela gestão dos resíduos. É ainda importante notar que na modelação de fluxo de materiais de instalações de tratamento de resíduos existe ainda pouca informação disponível, e consequentemente os pressupostos assumidos relativos a estas instalações podem não representar adequadamente as condições reais (Escalante *et al.*, 2007).

3.2.2 Análise do Inventário

A segunda etapa de uma ACV é a construção do Inventário do Ciclo de Vida (ICV), que, segundo a Norma ISO 14040:2006(E), consiste na compilação e quantificação dos *inputs* e *outputs* de um produto ao longo do seu ciclo de vida. Ou seja, é o processo de compilação de dados e de quantificação da energia e matérias-primas, materiais auxiliares, assim como de produtos, co-produtos, emissões atmosféricas, emissões para a água e solos, resíduos sólidos, e outras descargas de todo o ciclo de vida de um produto, processo ou actividade (EPA, 2006).

Uma ICV compreende, portanto, uma fase de levantamento de dados assim como uma fase de cálculos para quantificar as entradas e saídas do sistema. É um processo iterativo, visto que conforme são conhecidos os dados e mais informação sobre o sistema é adquirida, são identificados novos requisitos de dados assim como novas limitações, requerendo uma alteração nos procedimentos de recolha de dados para cumprir com os objectivos do estudo. Por vezes, podem surgir algumas questões que requerem a revisão dos objectivos e âmbito do estudo.

A fase de cálculos no ICV, segundo a Norma ISO 14040:2006, passa por relacionar os dados a um processo unitário, relacionar os mesmos à unidade funcional do fluxo de referência, e ainda pela validação dos dados recolhidos. Estes procedimentos são úteis para gerar os resultados do inventário para cada processo unitário e para a unidade funcional definida do sistema modelado. O cálculo dos fluxos energéticos deve ter em conta os diferentes combustíveis, as fontes energéticas utilizadas, a eficiência de conversão e distribuição do fluxo energético, assim como as entradas e saídas associadas à geração e uso do fluxo energético.

Diferentes autores apresentam abordagens semelhantes para desenvolver a metodologia de um ICV.

Desta forma, as etapas para realizar um ICV são as seguintes:

1. Construção do fluxograma do processo;
2. Desenvolvimento de um plano de recolha de dados e recolha de dados;
3. Avaliação e apresentação dos resultados.

3.2.2.1 Construção do fluxograma do processo

A construção de um fluxograma é a melhor forma de representar as componentes de um sistema de um produto ou actividade. Num fluxograma estão representadas as entradas e saídas de cada subsistema do processo, sendo o subsistema definido como uma etapa ou processo unitário que faz parte do sistema de produção definido. Desta forma, os processos unitários dentro dos limites do sistema interligam-se para formar uma cadeia de ciclo de vida completa. A **Figura 3-3** demonstra as componentes de um processo genérico para um determinado sistema:

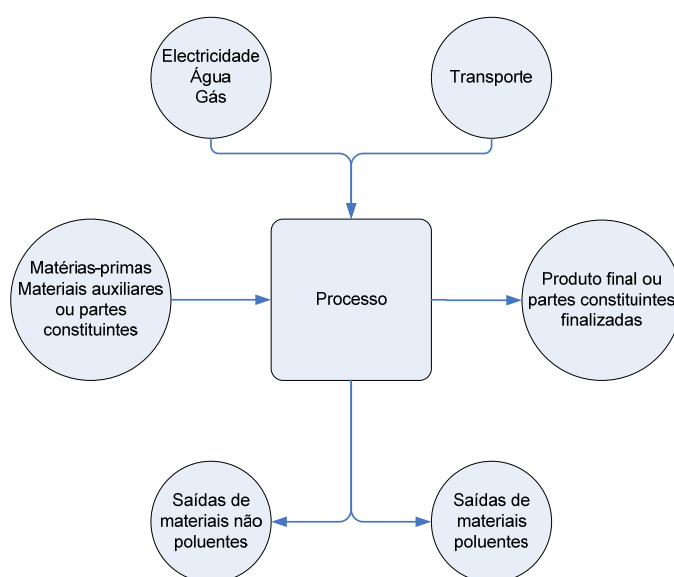


Figura 3-3 – Componente de um processo genérico para um dado sistema (Adaptado de: EPA, 2006)

A figura ilustra como se deve descrever cada subsistema, ou cada processo de um ciclo de vida. O nível de detalhe varia de estudo para estudo, e do tempo e recursos disponíveis. O analista que constrói o fluxograma deve, no entanto, descrever com algum detalhe, em termos qualitativos e quantitativos, as entradas de materiais, recursos e fontes energéticas, os meios de transportar o produto de um subsistema para outro, assim como, as saídas de produtos, co-produtos, emissões, poluentes, etc. Também devem ser descritas as actividades que ocorrem dentro do sistema. Devem ser registados os tipos e quantidades de materiais e de energia, assim como, devem incluir-se dentro dos limites do sistema as operações necessárias para extrair estes materiais do ambiente. As emissões atmosféricas, para a água e solo devem ser quantificados por tipo de poluente. Os produtos secundários são *outputs* de um processo que têm valor, não sendo, por isso, tratados como resíduos. Assim, o valor dado a um co-produto pode equivaler ao seu preço de mercado, por exemplo. Ao executar a alocação de um co-produto, isto é, ao atribuir a partição dos fluxos de *input* e *output* de um processo unitário a um determinado co-produto, devem ser encontrados meios para atribuir de forma objectiva o uso de recursos, o consumo energético e as emissões entre os produtos secundários, visto que não existe maneira de separar física ou quimicamente as actividades que dão origem aos mesmos. Todos os meios de transporte são incluídos no subsistema e durante a fase de inventariação são registadas as distâncias percorridas, o peso do meio de transporte e ainda o tipo de transporte utilizado.

Preferencialmente utilizam-se indicadores da qualidade de dados para avaliar a precisão, exactidão e representatividade dos dados, porém, é útil registar a forma como foram gerados os dados.

Desenvolver uma ACV é um processo moroso e complexo, pois envolve a análise de várias etapas e processos, porém, para simplificar a recolha de dados é necessário visualizar o sistema como uma série de subsistemas. Um subsistema é uma etapa ou processo individual integrado no sistema de produção a analisar (EPA, 2006).

3.2.2.2 Desenvolvimento de um plano de recolha de dados e recolha de dados

O fluxograma desenvolvido na primeira etapa fornece as indicações sobre os dados que devem ser recolhidos, enquanto que a segunda etapa serve para especificar os tipos, as fontes, a exactidão e a qualidade dos dados, bem como os métodos de recolha dos mesmos. Esta etapa consiste ainda no preenchimento do diagrama de fluxos e da folha de cálculo com os dados numéricos recolhidos. Esta tarefa pode apresentar-se complicada, visto que alguns dados podem ser de difícil ou mesmo impossível obtenção e os dados que estão disponíveis podem ser difíceis de converter na unidade funcional requerida. Consequentemente, os limites do sistema ou a qualidade dos dados do estudo podem ter que ser apurados baseado na disponibilidade de dados, processo comum para a maioria dos estudos de ACV.

Assim, ao desenvolver um plano de recolha de dados deve ter-se em conta alguns aspectos, como por exemplo, a identificação de fontes e tipos de dados. Para cada ciclo de vida, processo unitário ou tipo de descarga ambiental é necessário especificar as fontes e/ou tipo de fonte dos dados para fornecer a qualidade e a exactidão requerida nos objectivos do estudo. Definir as fontes e tipos de dados pode ajudar a reduzir nos custos e no tempo requerido para a recolha de dados.

Alguns exemplos de fontes de dados são relatórios de dados de indústria, consultores, medições de equipamentos, resultados de testes laboratoriais, documentos e relatórios governamentais, jornais, artigos, livros técnicos, entre outros. Sempre que possível deve recorrer-se a várias fontes de dados para possibilitar uma boa caracterização dos processos industriais.

Inventários extensivos e completos requerem, muitas vezes, o uso de dados fornecidos pelo fabricante ou vendedor de um produto, considerados, pelos mesmos, como confidenciais, utilizados somente para fins internos (EPA, 2006). Normalmente, se uma empresa está a financiar um estudo de ICV, vai ter interesse em ver os resultados do estudo e, por isso, vai disponibilizar os dados da empresa e dos fornecedores mais facilmente (Curran, 1996). Porém, o uso de dados considerados confidenciais pode complicar a elaboração de uma ACV, visto que muitas vezes, os resultados do estudo têm fins externos à empresa que forneceu os dados. Como consequência, os estudos actuais contêm frequentemente dados insuficientes ou não fundamentados tecnicamente que prejudicam a credibilidade dos inventários e, posteriormente, uma revisão externa rigorosa. Por um lado, devem ser protegidos os segredos de comércio e tecnológicos de uma empresa por motivos de competitividade, por outro, deve ser considerada a necessidade de divulgar informação detalhada e fiável. Por esta razão devem ser estabelecidos acordos de confidencialidade entre a entidade que realiza um ICV e as entidades que fornecem os dados de forma a possibilitar a publicação dos resultados (EPA, 2006).

Além dos dados de indústria, que são úteis para obter informação das empresas que operam os processos específicos, por vezes, torna-se necessário recorrer a valores médios (ou outra medida de tendência central) e gamas (valor superior e inferior) ou alguma medida de variabilidade em torno da média (Ferreira, 2004). Ou seja, por vezes o consumidor de determinado produto está a comprar material no mercado livre sem saber exactamente de onde provém o material produzido. Exemplos disto são dados de produção de combustíveis, de geração de electricidade e de exploração de minerais (Curran, 1996).

Os documentos e relatórios governamentais fornecem dados sobre uma variedade de categorias e processos que estão disponíveis para o público. Estes documentos são publicados periodicamente, mas por vezes tendem a estar desactualizados. Além disto, os dados encontrados nestas fontes podem ser menos específicos e exactos que os dados industriais.

Livros técnicos, relatórios, artigos publicados em revistas científicas podem também fornecer dados e informação sobre os processos de um determinado sistema e a maioria está disponível para o público. Os dados destas fontes podem estar desactualizados, podem ser específicos demais ou não ter especificidade suficiente e muitos destes documentos fornecem dados mais teóricos que reais e representativos dos processos em estudo.

Também ajuda adquirir um *software* adequado ao estudo e disponível no mercado. Existem diversas organizações que desenvolvem bases de dados especificamente para ACVs que contêm alguns dos dados básicos vulgarmente requeridos para construir um ICV. Porém, o uso destas bases de dados tem a desvantagem de perder a transparência visto que, muitas vezes, não existe registo dos pressupostos tidos em conta, nem dos métodos de cálculo utilizados.

É importante determinar os limites do sistema antes de recolher os dados, visto que pode influenciar os resultados do estudo. De acordo com Haes *et al.* (1996), citado em Ferreira (2004), existem dois diferentes tipos de limites do sistema: os limites com o ambiente e os limites com a tecnosfera (com outros sistemas de produto). Assim, na definição dos limites do sistema do produto com o ambiente a questão mais importante reside em determinar quais os processos que fazem parte do sistema de produto e quais fazem parte do sistema ambiente. Surgem, por vezes, duas situações que podem ser distinguidas de acordo com Ferreira (2004): processos biológicos, tais como produção florestal que podem ser considerados como fazendo parte do ambiente ou do sistema económico; quando são considerados parte do sistema económico, o Sol, CO₂, H₂O, são entradas ambientais; quando os processos biológicos são considerados parte do ambiente a entrada é biomassa; resíduos para aterro podem ser considerados parte do sistema económico (emissões e produção de metano como uma fonte de energia) e parte do ambiente (resíduos sólidos como saída para o ambiente). Alguns processos pertencem simultaneamente aos sistemas económico e ambiental. Não existe ainda consenso de qual critério utilizar para estipular os limites neste tipo de casos, por isso é aconselhável aplicar um critério de lógica. Na definição dos limites do sistema do produto com outros produtos é necessário ter em conta o aspecto relacionado com o facto de muitos processos terem entradas de, ou saídas, para outros sistemas (i.e., processos multi-sistema). Assim, o limite entre o sistema de produto estudado e outro sistema de produto deve ser definido, devendo parte das entradas e saídas ambientais dos processos de produto ser afectas entre os diferentes sistemas de produtos. Mas esta questão vai ser abordada com mais profundidade nos pontos seguintes. A etapa final consiste em limitar o sistema de produto aos processos que contribuem de forma relevante para alguma entrada ou saída ambiental. Por vezes, é necessário proceder a alguns “cortes” para excluir do fluxograma bens de capital, infra-estruturas, etc. Também é possível omitir processos nos casos em que se realiza uma análise de diferença, ou seja, quando dois ou mais sistemas de produtos são comparados e as partes idênticas são excluídas. A utilização de um simples critério numérico, por exemplo, excluir todos os processos que contribuem para qualquer aspecto ambiental com menos de 1%, pode ter consequências indesejáveis, segundo alguns autores (Heijungs *et al.*, 1992), pois, pode resultar na exclusão de quase todos os efeitos ambientais quando os processos são divididos nos seus sub-processos. Uma possível solução para este problema é desenhar os processos excluídos dos limites do sistema de produto, não sendo quantificados na árvore do processo, mas incluídos como “pró memoria”. Deste modo, quando a informação acerca de tais processos ficar disponível, pode ser incluída uma vez que foi excluída somente por razões práticas (Ferreira, 2004).

A etapa seguinte consiste em desenvolver uma folha de cálculo para o inventário do ciclo de vida de forma a organizar e guardar toda a informação recolhida. A folha de cálculo é um instrumento valioso para avaliar a representatividade, exactidão e coerência dos dados. Na folha de cálculo deve constar o objectivo do inventário, os limites do sistema, a relevância geográfica e temporal (Os dados devem ser baseados num período de tempo, que seja suficientemente longo, para atenuar comportamentos anormais), tipos e fontes de dados usados, procedimentos de recolha de dados, técnicas utilizadas para ponderação e determinação dos valores médios, medidas da qualidade dos dados e resultados obtidos (Ferreira, 2004; EPA, 2006). As relações numéricas que se estabelecem entre os subsistemas que compõem a produção do produto final, transformam-se em “factores de proporcionalidade” que são relações quantitativas que reflectem a relativa contribuição dos subsistemas para o sistema total.

A folha de cálculo serve igualmente para traduzir valores de energia dos combustíveis para unidades energéticas normalizadas (como o Btu ou GJ) e para categorizar as fontes energéticas assim como os tipos de resíduos. A folha de cálculo deve contemplar ainda as opções de gestão de resíduos, como a reciclagem, a compostagem e o recurso aos aterros sanitários. É necessário ser cuidadoso para que não ocorram omissões inadvertidas ou duplas contagens. Os inventários são um misto de dados reais e pressupostos. Estes últimos podem alterar de forma substancial os resultados da análise e por esta razão é necessário recorrer a testes de sensibilidade para examinar o efeito que estas alterações produzem no sistema (EPA, 2006).

Os dados são apresentados, na folha de cálculo, num formato normalizado, ou seja, são apresentados em relação a uma dada unidade de saída, para cada operação unitária do subsistema e, para a qual deve ser elaborado um balanço de massa e energético.

Dada a exigência de consistência é internacionalmente aceite que o balanço de massa e de energia para cada processo deve ser completo, ou seja, o somatório das massas e das energias à entrada de cada processo é igual ao somatório das mesmas à saída (Ferreira, 2004).

A energia gasta na queima de combustíveis é apenas uma parte do total energético associado ao uso do combustível sendo, por isso, necessário considerar dados energéticos além dos processos primários associados à combustão dos combustíveis. A quantidade de energia dispendida na aquisição dos combustíveis pode também ser significativa em comparação com outros gastos energéticos. Pode denominar-se por energia de pré-combustão à quantidade total de energia necessária para distribuir um combustível ao consumidor final e inclui processos como a exploração, produção, refinação e transporte do combustível. Esta energia de pré-combustão é geralmente utilizada para adicionar ao equivalente de combustível utilizado para cada fonte energética.

A energia a inventariar pode provir de várias fontes, incluindo electricidade, carvão, energia nuclear, hidráulica, eólica, solar, gás natural, petróleo e derivados, resíduos sólidos e biomassa. Relativamente à electricidade é necessário considerar as fontes energéticas usadas para produzir a mesma e a eficiência do sistema gerador. Determinar a fonte energética exacta e as emissões associadas à geração dessas fontes pode tornar-se complicado quando se pretende relacionar o uso de energia eléctrica real de um utilizador particular com o uso real de combustíveis utilizados. Os modelos computacionais que realizam ICVs de electricidade baseiam-se em médias de misturas de combustíveis das redes eléctricas.

O volume de água requerido também deve ser incluído numa análise de ICV, sendo o objectivo do inventário medir a quantidade de água necessária por unidade de produto. A água que é retirada do ambiente, usada num processo, tratada e reposta no mesmo local, com qualidade idêntica à inicial não deve ser incluída no inventário. No entanto, se se utilizam águas subterrâneas nalgum processo que são posteriormente eliminadas num curso de água de superfície, a quantidade aproveitada deve ser registada. Assim, a quantidade de água estimada representa a fracção do total de água retirada de fontes de água de superfície e/ou subterrâneas que é incorporada no produto, nos produtos secundários, resíduos ou que é evaporada.

Relativamente aos *outputs*, um ICV tradicionalmente contém informação sobre as emissões atmosféricas, emissões para a água, emissão de resíduos sólidos e são ainda quantificados os produtos e co-produtos. Em muitos inventários são consideradas apenas as emissões ambientais que são reguladas, controladas ou monitorizadas, devido à maior disponibilidade de dados. Contudo, é recomendado ao construtor de um ICV recolher e registar todos os *outputs* dos vários subsistemas sempre que possível.

As emissões atmosféricas são registadas em unidades de peso e incluem todas as substâncias classificadas como poluentes por unidade de peso de produto. Tipicamente são listados entre 30 e 40 substâncias poluentes (Curran, 1996). Algumas das emissões atmosféricas mais típicas são as partículas (PM_{10} e $PM_{2.5}$), óxidos nitrosos (NO_x), compostos orgânicos voláteis (COV), óxidos de enxofre (SO_x), monóxido de carbono (CO), aldeídos, amónia e chumbo. É recomendado obter e registar dados sobre emissões na sua forma mais específica, visto que, algumas emissões, como as partículas e COVs, são compostos por diversos materiais que podem variar para cada processo. Relativamente ao dióxido de carbono, é importante distinguir entre aquele que resulta da queima de combustíveis fósseis e aquele que resulta da combustão ou decomposição de materiais não fósseis. A razão para esta segregação relaciona-se com o facto do dióxido de carbono não-fóssil fazer parte do ciclo natural do carbono, podendo não representar emissões para o ambiente a longo termo (EPA, 2006).

As emissões para a água são igualmente registadas em unidades de peso e tipicamente existem cerca de 20 contaminantes da água registadas numa ICV (Curran, 1996). Algumas das emissões mais comumente registadas são Carência Biológica de Oxigénio (CBO), Carência Química de Oxigénio (CQO), sólidos suspensos e dissolvidos, óleos e gorduras, sulfuretos, ferro, crómio, iões metálicos, cianeto, fluoretos, fenóis, fosfatos, e amónia.

Relativamente aos resíduos sólidos, geralmente, faz-se uma distinção entre resíduos sólidos industriais e resíduos sólidos pós-consumidor. Os primeiros referem-se a resíduos gerados durante o processo de fabrico e empacotamento de produtos, como por exemplo, materiais residuais que não são reciclados, lamas e ainda resíduos sólidos produzidos na produção e queima de combustíveis nos processos de transporte e operatórios. Os resíduos sólidos pós-consumidor, referem-se aos produtos e/ou embalagem que são eliminados após a fase de uso e que são introduzidos no sistema

dos resíduos sólidos urbanos. Pode também ser útil registar os resíduos perigosos e não perigosos de forma separada, visto que ambos podem ter impactes ambientais potenciais diferentes, afectando os resultados na fase de avaliação de impactes.

Os produtos são definidos pelo subsistema e/ou sistema sob avaliação. Ou seja, de cada subsistema vai resultar um produto que pode representar uma matéria-prima ou material intermediário de outro subsistema ou pode representar o produto final do sistema.

O ICV inclui as necessidades energéticas e emissões geradas pelos processos de transporte de distribuição e eliminação de resíduos entre subsistemas. Os dados de transporte são registados em quilómetros percorridos e esta distância é convertida em unidades de toneladas-quilómetro, expressão que relaciona o peso da carga com a distância percorrida. A eficiência de cada modo de transporte (transporte férreo, camião, condutas, transporte marítimo, etc.) é usada para converter as unidades de toneladas-quilómetro para unidades de combustível, como por exemplo, litros de diesel. Por fim, as unidades de combustível são convertidas em unidades de energia de forma a possibilitar o cálculo das emissões geradas pela queima dos combustíveis. Pode ocorrer situações, denominadas por *backhauling*, em que existe uma sobreposição entre o transporte associado à distribuição do produto e o transporte associado à reciclagem do produto. Estas situações ocorrem quando o meio de transporte que é utilizado para distribuir o produto numa determinada área tem uma carga rentável numa direcção e na direcção contrária, em vez da carga ser nula, recolhe-se e transporta-se outra carga. Neste cenário, o fenómeno de *backhauling*, pode reduzir a energia e emissões associadas com a distribuição do produto devido à compensação e poupança de uma viagem em que normalmente o meio de transporte regressa vazio.

Outra questão importante na elaboração do ICV, que se referiu anteriormente, é a alocação de co-produtos. O termo co-produto é usado para definir todas as saídas do sistema, além do produto primário e das saídas de resíduos, que não são utilizadas como matérias-primas noutra parte do sistema examinado pelo inventário. Os produtos secundários apenas têm interesse até ao momento em que deixam de pertencer ao sistema. Ou seja, tratamentos subsequentes que estes co-produtos sofrem ou o transporte destes co-produtos para outros sistemas já não fazem parte do âmbito do ICV do sistema em análise. Não existe um método específico para a alocação de co-produtos, visto que cada processo industrial é diferente e por isso é necessário proceder a uma análise caso a caso. A primeira etapa consiste em analisar detalhadamente o processo em estudo para identificar unidades de sub-processos que produzem o produto de interesse. Se existirem dados suficientes, não é necessário proceder à alocação de co-produtos, é apenas necessário somar os sucessivos sub-processos que produzem o produto de interesse. Ou seja, para determinar quais e que quantidades de matérias-primas são necessárias para produzir um produto é necessário, apenas, um simples balanço de massas. Porém, noutros casos, tais como em reacções químicas que ocorrem em alguns processos industriais e que produzem vários produtos diferentes, não existe nenhum método analítico único para separar os sub-processos de forma correcta. Nestes casos, se um processo produz vários produtos químicos, é conveniente escrever as equações químicas em estado de equilíbrio, e identificar a relação estequiométrica entre as matérias-primas (reagentes) e os produtos. Por exemplo, para produzir oxigénio e hidrogénio a partir de uma molécula de água, é necessário fornecer dois electrões à molécula da água para produzir dois átomos de hidrogénio e um átomo de oxigénio. Neste exemplo pode considerar-se que a electricidade que produz uma mole (ou 2g) de hidrogénio, produz apenas meia mole (ou 16g) de oxigénio e, por isso, o *input* eléctrico, neste caso, deve ser alocada entre o hidrogénio e oxigénio tendo como base a relação molar entre ambos, sendo dois terços da energia alocada ao hidrogénio e um terço alocada ao oxigénio. No entanto, o método de conservação de massa é usado para determinar as necessidades materiais do sistema. Neste sentido, como cada mole de água contém 2g de hidrogénio e 1g de oxigénio, o processo de dissociação da água requer 2g de hidrogénio e 1g de oxigénio. Assim, o balanço mássico, neste caso, é mais indicado para determinar as necessidades de matérias-primas do sistema.

O método de alocar emissões ambientais aos diferentes co-produtos de um sistema também pode revelar-se uma tarefa complicada ou até mesmo impossível. Uma alternativa para resolver este problema é usar o preço de venda dos co-produtos como ponto de partida para a alocação de co-produtos. No entanto, devido às flutuações dos preços de mercados independentes e competitivos, uma perspectiva baseada no mercado teria que incluir tais variações utilizando médias de valores num horizonte temporal largo. Outra forma de alocar emissões atmosféricas aos diferentes co-produtos é reconhecer que todos os co-produtos e resíduos são gerados como resultado da produção do produto de interesse, e consequentemente, devem ser considerados como saídas incidentais, mesmo que exista mercado para os co-produtos. Assim, todos os impactes ambientais são alocados ao produto de interesse.

Por vezes, pode haver dificuldade em distinguir se determinada saída é um resíduo marginal ou um co-produto. Em muitos casos, é razoável admitir que toda a energia, recursos e emissões associadas ao processo ocorrem devido à vontade de obter o produto principal (EPA, 2006).

3.2.2.3 Avaliação e apresentação dos resultados

No final do ICV o analista deve apresentar os dados recolhidos de forma a aumentar a compreensão dos mesmos. As duas formas mais comuns para apresentar os dados é sob forma de tabelas e de gráficos.

O formato da tabela usado para apresentar os dados varia de acordo com o objectivo e âmbito do estudo. Assim, por exemplo, se o objectivo do estudo é comparar produtos de forma a determinar a melhor opção, a apresentação dos resultados totais de cada sistema deve ser suficiente. Por outro lado, quando o analista pretende alterar um determinado produto de forma a reduzir as emissões ambientais, é importante apresentar as contribuições relativas de cada componente do sistema e não apenas os resultados totais. É possível, desta forma, concentrar os esforços em otimizar apenas as componentes que têm contribuições relativas significativas.

A representação gráfica da informação ajuda a visualizar, a assimilar e a interpretar os dados recolhidos. O analista deve, no entanto, ter especial cuidado a agregar e a somar dados pertencentes a categorias diferentes, visto que estas simplificações podem induzir a conclusões erradas. Se o estudo tem fins internos, isto é, se está destinado para os produtores de determinado produto os *pie charts* podem ser a melhor opção para identificar oportunidades de redução de resíduos, pois registam apenas as contribuições da exploração de matérias-primas, do processo e do uso e deposição do produto. Para estudos com fins externos, os dados devem ser apresentados com clareza, devendo ser compreensíveis por qualquer leitor. Para tal, normalmente é necessário apresentar vários gráficos com poucos dados incorporados.

Depois de organizar os dados, a exactidão e a sensibilidade dos dados devem ser aferidos, assim como, deve ser feita uma descrição detalhada da metodologia usada, dos sistemas em análise e dos limites dos sistemas (EPA, 2006).

Em conclusão, da fase de ICV resulta numa listagem da energia e dos recursos usados e ainda das descargas ambientais para a atmosfera, água e solo de um determinado processo. Nesta fase não se determina o impacto relativo de cada uma destas contribuições no ambiente e na saúde humana. Desta forma, apenas podem ser feitas melhorias a nível da redução dos gastos energéticos e de recursos ou então podem ser propostas formas de redução das emissões ambientais. O valor dos *trade-offs* (e.g., fontes de energia fósseis *versus* fontes de energia não fósseis, ou emissões elevadas para a água *versus* emissões elevadas para o ar) é uma questão a abordar na fase de avaliação de impactes (Curran, 1996).

3.2.3 Análise do Impacte do Ciclo de Vida

A Norma ISO 14040:2006(E) refere que o objectivo da fase de Análise de Impacte do Ciclo de Vida (AICV) é compreender e avaliar a magnitude e a relevância dos potenciais impactes ambientais resultantes do ciclo de vida de determinado sistema de produto. Na fase de AICV deve ser feita a ligação entre o produto, ou o processo, e os impactes ambientais potenciais no ambiente, saúde humana e depleção de recursos.

O ICV fornece bastante informação acerca de um processo, porém a AICV usa factores de caracterização baseados em pressupostos científicos para calcular os impactes ambientais inerentes a um processo (como o *smog* ou o aquecimento global), fornecendo resultados mais significativos (EPA, 2006). Ou seja, a listagem de contaminantes obtida na fase de ICV pode ser de difícil interpretação, visto que, 1 tonelada de determinado poluente pode ter efeitos ambientais e na saúde humana totalmente diferentes de 1 tonelada de outro poluente. Também é importante considerar que 1 tonelada de determinado poluente pode ter efeitos diferentes sob condições ambientais diferentes. Na elaboração da AICV, a informação resultante do ICV é combinada e reorganizada para formar grupos de categorias de impacte. Para que tal ocorra, é necessário multiplicar os valores e quantidades registados no ICV por um factor de conversão para um determinado impacte ambiental

(e.g., potencial de chuvas ácidas). Posteriormente é necessário somar estes resultados de forma a obter valores para cada categoria de impacto.

A fase de AICV compreende uma série de elementos obrigatórios e de elementos opcionais, conforme ilustra a **Figura 3-4**.

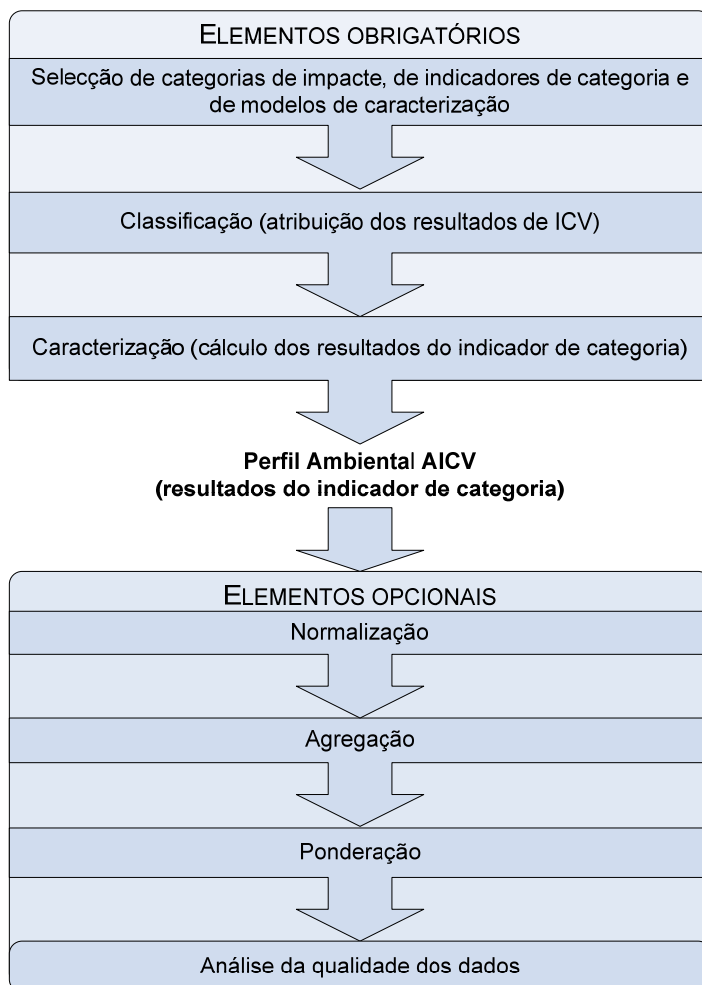


Figura 3-4- Elementos da fase AICV (adaptado de ISO 14040:2006(E))

Isto é, a selecção e definição das categorias de impacto servem para identificar as categorias de impacto relevantes (e.g., aquecimento global, acidificação, toxicidade); a fase de classificação tem por objectivo relacionar os resultados do ICV com as categorias de impacto (e.g., classificar as emissões de dióxido de carbono na categoria do aquecimento global); a finalidade da etapa de caracterização é modelar os impactos de ICV em categorias de impacto utilizando conversões baseadas em pressupostos científicos (e.g., modelar o impacto potencial do dióxido de carbono e do metano para a categoria do aquecimento global); na fase de normalização altera-se a expressão dos impactos potenciais de forma a possibilitar comparações entre as várias substâncias inventariadas (e.g., comparar o impacto no aquecimento global do dióxido de carbono e do metano); a fase de agregação consiste em ordenar e estabelecer um *ranking* dos indicadores (e.g., ordenar os indicadores por localização: local, regional e global); a fase de ponderação tem por objectivo destacar os impactos potenciais mais importantes; por fim, na análise da qualidade dos dados é avaliada a consistência dos resultados obtidos na AICV (EPA, 2006).

É importante referir que a metodologia e a estrutura científica para a análise de impacto estão ainda a ser desenvolvidas. Modelos para as categorias de impacto estão em diferentes estágios de desenvolvimento, não existindo uma metodologia aceite na generalidade para associar consistente e correctamente dados de inventário com potenciais impactos ambientais específicos (Ferreira, 2004).

Para a fase de AICV a Norma ISO 14044:2006(E) descreve procedimentos em vez de metodologias ou modelos específicos, implicando que qualquer metodologia ou modelo é aceitável, desde que, satisfaça os critérios gerais da ISO. A **Figura 3-5** representa a estrutura geral de AICV, mostrando

como os modelos de caracterização reflectem os mecanismos ambientais ao descrever a relação entre os resultados do inventário de ciclo de vida, categorias de impacte, indicadores de categoria e categoria(s) de ponto final e ilustra estes conceitos relativamente à categoria de impacte “acidificação”. O mecanismo ambiental é a soma de todos os processos ambientais relacionados com a caracterização dos impactes (ISO 14044, 2006).

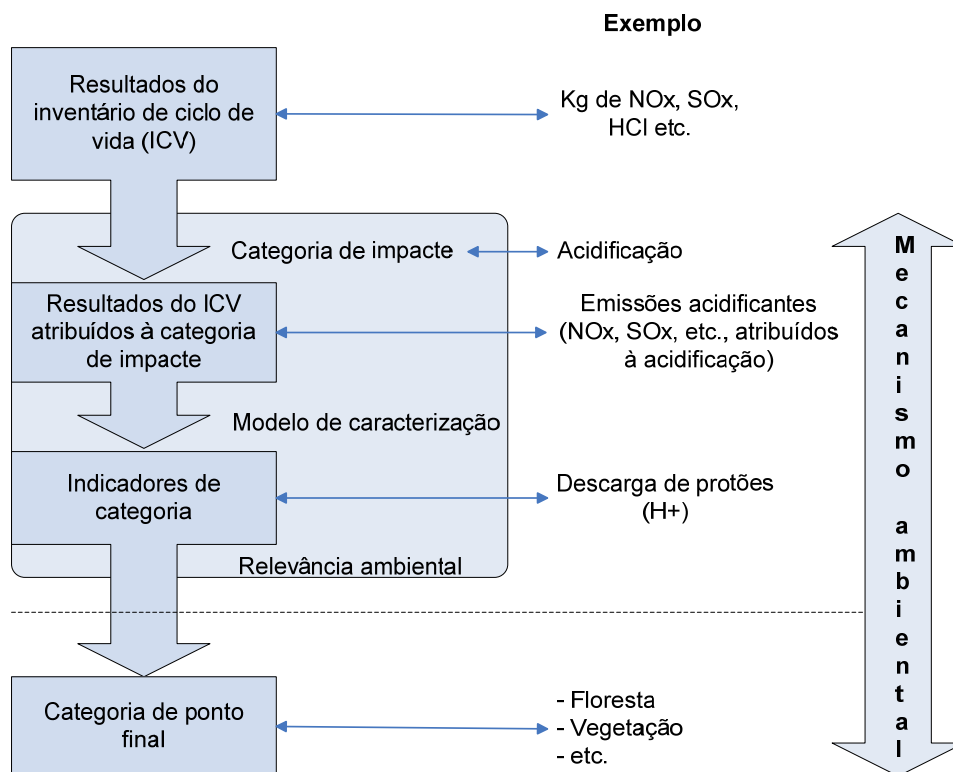


Figura 3-5- Conceito de indicadores de categoria (Fonte: ISO 14044:2006(E))

De seguida, e com base nesta norma, é feita uma descrição geral de cada um dos elementos da AICV.

3.2.3.1 *Seleção de Categorias de Impacte, Indicadores de Categoria e Modelos de Caracterização*

A primeira etapa de uma AICV é a selecção de categorias de impacte que irá ser considerado como parte da ACV global. Este passo deve ser executado durante a fase inicial de definição de objectivos e âmbito, para orientar o processo de recolha de dados de ICV e as reconsiderações seguintes a esta fase (EPA, 2006).

O indicador de categoria pode ser escolhido algures ao longo do mecanismo ambiental entre os resultados de ICV e os pontos finais de categoria conforme ilustrado na **Figura 3-5** (ISO 14044, 2006).

Numa AICV, os impactes são definidos como as consequências, que podem ser causadas pelos *inputs* e *outputs* de um sistema, na saúde humana, plantas e animais ou na disponibilidade futura dos recursos naturais. Tipicamente, as AICVs consistem de três categorias de dano principais: danos à saúde humana, à qualidade dos ecossistemas e aos recursos naturais.

3.2.3.2 *Classificação (atribuição dos resultados de ICV)*

A fase de classificação consiste em organizar os resultados do ICV de forma a atribuí-los às categorias de impacte.

A Norma ISO 14044:2006(E) estabelece, ainda alguns princípios a seguir nesta etapa. Assim, para os elementos do ICV que contribuem somente para uma categoria de impacte, o procedimento é uma atribuição directa. Por exemplo: as emissões de dióxido de carbono podem ser classificadas na

categoria aquecimento global. Para os elementos que contribuem para duas ou mais categorias de impacte diferentes, existem duas formas de classificação:

- Distinção entre mecanismos paralelos (os efeitos são dependentes uns dos outros) – afectar uma porção representativa dos resultados de ICV às categorias de impacte para as quais eles contribuem;
- Distinção entre mecanismos em série (os efeitos são independentes uns dos outros) – afectar todos os resultados de ICV a todas as categorias de impacte para as quais eles contribuem.

Por exemplo, segundo a EPA, dado que uma molécula de SO₂ pode contribuir tanto para a formação de ozono ao nível do solo como para a formação de chuvas ácidas, ela pode afectar ou a saúde humana ou a acidificação, mas não ambas ao mesmo tempo. Por isso, as emissões de SO₂ devem tipicamente ser divididas entre aquelas duas categorias de impacte (e.g., 50% afectas à saúde humana e 50% afectas à acidificação). Pelo contrário, dado que o dióxido de azoto (NO₂) pode potencialmente afectar a formação de ozono fotoquímico e a acidificação, ao mesmo tempo, a quantidade total de NO₂ deve ser afectada a ambas as categorias de impacte (e.g., 100% à formação de ozono fotoquímico e 100% à acidificação).

3.2.3.3 Caracterização (cálculo dos resultados do indicador de categoria)

Segundo a Norma ISO 14044:2006(E), o cálculo dos resultados do indicador de categoria consiste de duas fases. A primeira consiste em converter os resultados de ICV em unidades comuns e a segunda consiste em agregar os resultados convertidos dentro de uma mesma categoria de impacte. Esta conversão usa factores de caracterização ou factores de equivalência e o resultado dos cálculos é um indicador numérico. Esta etapa fornece, assim, uma forma de comparar directamente os resultados do ICV dentro de uma mesma categoria de impacte.

Desta forma, a estrutura matemática da fase de caracterização é a seguinte (Heijungs *et al.*, 1996; Ferreira, 2004):

$$S_j = \sum_i Q_{ji} \times m_i$$

Onde:

S_j - representa o resultado do impacte na categoria de impacte j; m_i - representa a quantidade de carga ambiental do tipo (i) que é geralmente uma massa expressa em kg, podendo no entanto ser expressa em outras unidades, tal como: m³, m².ano; e, Q_{ji} - representa o factor de caracterização que liga a carga ambiental (i) à categoria de impacte (j).

Assim, por exemplo, todos os gases com efeito de estufa podem ser expressos em termos de equivalentes de CO₂, multiplicando os resultados do ICV por um factor de caracterização de CO₂ e combinando os resultados dos indicadores de impacte de forma a obter um indicador total para o potencial do aquecimento global. A fase de caracterização possibilita a quantificação das diferentes espécies químicas inventariadas numa mesma escala e, consequentemente, pesa o quanto cada espécie contribui para o aquecimento global.

Para algumas categorias de impacte, tal como o aquecimento global ou a depleção da camada do ozono, existe um consenso sobre factores de caracterização aceitáveis. Porém, para outras categorias de impacte, como a depleção de recursos, ainda está por desenvolver um consenso.

Visto que a utilidade dos indicadores de impacte para um dado âmbito ou objectivo depende da exactidão, validade e característica dos modelos e factores de caracterização, é importante identificar e documentar os métodos para calcular os indicadores de impacte, assim como, os pressupostos e outras opções tidas em conta (EPA, 2006). Assim, uma AICV correctamente referenciada, documenta as fontes para cada factor de caracterização de forma a garantir que são relevantes para o âmbito e objectivo do estudo. Assim, por exemplo, se um estudo europeu utiliza factores de caracterização baseados em estudos científicos dos EUA, deve ser investigada a relevância e aplicabilidade destes antes de serem utilizados em dados europeus, visto que pode afectar a qualidade dos resultados de AICV (ISO 14044, 2006).

Podem ocorrer variações na qualidade dos indicadores de impacte, influenciando o resultado global da ACV, devido a diferenças, por exemplo, (ISO 14044, 2006):

- na complexidade dos mecanismos ambientais entre os limites do sistema e as categorias de ponto-final;
- nas características espaciais e temporais, por exemplo, a persistência da substância no ambiente, e
- nas características da relação dose-efeito.

A Norma ISO 14047:2003(E) inclui cinco exemplos de como proceder na fase de caracterização. Dois exemplos referem-se a categorias de impacto definidas ao nível intermédio no mecanismo ambiental; outros dois exemplos referem-se à caracterização ao nível do ponto final e existe, ainda, um exemplo que ilustra como se deve proceder com factores de caracterização diferenciados espacialmente.

As fases de classificação e caracterização podem ser resumidas conforme descrito na **Tabela 3-1**, para as categorias de impacto mais utilizadas em estudos de AICV, e que tipicamente focam os potenciais impactos em três principais categorias: saúde humana, saúde ecológica, e depleção de recursos (EPA, 2006).

Tabela 3-1 – Categorias de impacto comumente usadas (Fonte: EPA, 2006)

Categoria de Impacte	Escala	Dados Relevantes de ICV (i.e., classificação)	Factor de Caracterização	Descrição do Factor de Caracterização
Aquecimento Global	Global	Dióxido de Carbono (CO ₂) Dióxido de Azoto (NO ₂) Metano (CH ₄) Clorofluorcarbonos (CFCs) Hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) Brometo de Metil (CH ₃ Br)	Potencial de Aquecimento Global	Converte dados do ICV em equivalentes de dióxido de carbono. Nota: potenciais de aquecimento global podem ser potenciais de 50, 100 ou 500 anos.
Depleção do Ozono Estratosférico	Global	Clorofluorcarbonos (CFCs) Hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) Brometo de Metil (CH ₃ Br) Halons	Potencial de Depleção do Ozono	Converte dados de ICV em equivalentes de triclourofluormetano (CFC-11).
Acidificação	Regional Local	Óxidos de Enxofre (SO _x) Óxidos de Azoto (NO _x) Ácido Hidroclorídrico (HCL) Ácido Hidrofluorídrico (HF) Amónia (NH ₃)	Potencial de Acidificação	Converte dados de ICV em equivalentes de ião de hidrogénio (H ⁺).
Eutrofização	Local	Fosfato (PO ₄) Óxido de Azoto (NO) Dióxido de Azoto (NO ₂) Nitratos Amónia (NH ₃)	Potencial de Eutrofização	Converte dados de ICV em equivalentes de fosfato (PO ₄).
Fumos Fotoquímicos	Local	Hidrocarbonetos não-metano (NMHC).	Potencial de Criação de Oxidante Fotoquímico	Converte dados de ICV em equivalentes de etano (C ₂ H ₆).
Toxicidade Terrestre	Local	Químicos tóxicos com um registo de concentração letal para roedores.	LC ₅₀	Converte dados LC ₅₀ em equivalentes.
Toxicidade Aquática	Local	Químicos tóxicos com um registo de concentração letal para peixes.	LC ₅₀	Converte dados LC ₅₀ em equivalentes.
Saúde Humana	Global Regional Local	Descargas totais para o ar, água, e solo.	LC ₅₀	Converte dados LC ₅₀ em equivalentes.
Depleção de Recursos	Global Regional Local	Quantidade de minerais usados. Quantidade de combustíveis fósseis.	Potencial de Depleção de Recursos	Converte dados de ICV num rácio de quantidade de recurso usado <i>versus</i> quantidade de recurso deixado em reserve.
Uso do Solo	Global Regional Local	Quantidade depositada num aterro ou outras alterações a nível do uso solo.	Disponibilidade de terra	Converte massa de resíduo sólido em volume usando uma densidade estimada.
Uso da água	Regional Local	Água usada ou consumida	Potencial de falta de água	Converte dados de ICV num rácio de quantidade de água usada <i>versus</i> quantidade do recurso deixado em reserve.

3.2.3.4 Normalização

Tal como refere a Norma ISO 14044:2006(E), a normalização é uma ferramenta da AICV, de carácter opcional, usada para calcular a magnitude relativa de cada resultado do indicador do sistema de produto em estudo. Assim, a normalização converte um resultado do indicador de impacte através da divisão do mesmo por um valor de referência seleccionado, através da estrutura matemática seguinte (Heijungs *et al.*, 1996; Ferreira, 2004):

$$N_j = \frac{S_j}{A_j}$$

onde:

N_j - representa o resultado normalizado do impacte na categoria de impacte j ;

S_j - representa o resultado do impacte na categoria de impacte j ;

A_j - representa o factor de normalização.

O factor de normalização A_j representa a extensão do impacte na categoria de impacte j , num determinado período de tempo (normalmente um ano) e numa dada área, sendo calculado através da seguinte expressão:

$$A_j = \sum_i Q_{ji} \cdot \Phi_i$$

onde:

Q_{ji} - representa o factor de caracterização para a categoria de impacte j , devida à carga ambiental i ;

Φ_i - representa o fluxo actual da carga ambiental i na área escolhida e no período de tempo escolhido.

Existem diversos métodos para seleccionar um valor de referência. Os exemplos referidos na Norma ISO 14044:2006(E), são as entradas e saídas totais numa dada área, a qual pode ser global, regional, nacional ou local; as entradas e saídas totais para uma dada área numa base *per capita* ou medição similar; e, as entradas e saídas num cenário base, tal como num dado sistema de produto.

Os objectivos e âmbito de uma ACV podem influenciar a escolha de um valor de referência apropriado. É necessário ter em conta que dados normalizados só podem ser comparados dentro de uma mesma categoria de impacte, visto que os factores de conversão são calculados utilizando métodos científicos diferentes (EPA, 2006).

3.2.3.5 Agregação

A agregação é, segundo a Norma ISO 14044:2006(E), um elemento opcional da fase de AICV, e compreende a atribuição das categorias de impacte numa ou mais séries, como pré-definido na definição dos objectivos e âmbito, e pode envolver separação e/ou ordenação.

Os procedimentos de agregação possíveis são:

- Ordenar os indicadores por características, tais como, emissões (e.g., atmosféricas e para a água) e recursos ou por escala espacial (e.g., global, regional e local); e,
- Ordenar as categorias de impacte numa dada hierarquia, por exemplo, prioridade alta, média ou baixa. A ordenação é baseada na escolha de valores.

A ordenação das categorias de impacte numa dada hierarquia é baseada nos valores do(s) analista(s) de ACV, e por esta razão, é possível obter resultados de *ranking* diferentes, dependendo da organização, sociedade ou indivíduo responsável pelo estudo.

3.2.3.6 Ponderação

Tal como refere a Norma ISO 14044:2006(E), a ponderação é um elemento opcional que consiste em converter os resultados de indicadores, de diferentes categorias de impacte, utilizando factores numéricos baseados em valores e não em pressupostos científicos. Nesta etapa, são então atribuídos pesos ou valores relativos às diferentes categorias de impacte baseado na sua importância ou relevância percebida, de acordo com os seguintes procedimentos possíveis:

- Converter os resultados do indicador ou resultados normalizados com factores de peso seleccionados; e,
- Possivelmente agregar estes resultados de indicador convertidos ou resultados normalizados, ao longo das categorias de impacte.

O valor ou índice proveniente da agregação dos resultados dos indicadores pesados, representa a *performance* ambiental do sistema de produto em estudo. Nesta etapa da AICV é possível, por exemplo, concluir que um nível de emissões atmosféricas nocivas podem ser relativamente mais preocupantes numa zona em que a qualidade do ar é pior que o mesmo nível de emissões numa zona com boa qualidade atmosférica (EPA, 2006).

De acordo com a ISO 14044:2006(E) não existe forma científica de reduzir resultados da ACV a um resultado global único ou número, pelo que ela não pode ser utilizada para reivindicação comparativa. É igualmente importante ter em conta que a escolha de valores para determinar os factores numéricos, variam conforme o indivíduo, a organização e/ou a sociedade que está responsável pela elaboração do estudo de ACV. Desta forma, diferentes partidos atingem resultados de agregação distintos, para os mesmos resultados de indicadores. Assim, é útil utilizar vários factores e métodos de agregação, assim como, realizar análises de sensibilidade para avaliar as consequências das escolhas realizadas, nos resultados de AICV. Como a fase de ponderação não é um processo científico, a metodologia utilizada nesta fase deve ser documentada e explicada de forma transparente. Apesar da ponderação ser uma etapa amplamente utilizada em estudos de ACVs, é necessário ter em conta que esta fase é a menos desenvolvida de entre todas as etapas de IACV, devendo ser usado com precaução. Em alguns casos, basta apresentar os resultados da avaliação de impactes para se obter informação suficiente para os processos de decisão, não sendo necessário recorrer sempre a esta fase.

Em geral, três tipos de métodos de ponderação podem ser distinguidos segundo as ISO/TR 14047:2003(E):

- a) Ponderação monetária, baseada no que se está disposto-a-pagar ou em abordagens de preferências reveladas;
- b) Ponderação distância-ao-alvo, utilizando normas políticas;
- c) Ponderação por painel de peritos, utilizando julgamento de especialistas ou de interessados no processo de decisão.

A estrutura matemática da fase de ponderação é a seguinte (Heijungs *et al.*, 1996; Ferreira, 2004):

- Para métodos de avaliação que necessitam de normalização:

$$X = \sum_j W_j \cdot N_j$$

onde:

X - representa o “índice ambiental”;

W_j - factor de peso respeitante à categoria de impacte j;

N_j - resultado do impacte j normalizado.

- Para métodos de avaliação que não necessitam de normalização:

$$X = \sum_j W_j \cdot S_j$$

onde:

X e W_j - têm o mesmo significado da expressão anterior;

S_j - representa o resultado do impacte j .

Os factores de peso W_j podem consistir de valores actuais, valores alvo e/ou valores intrínsecos ou monetários:

- Para uma avaliação distância-ao-alvo:

$$W_j = \frac{A_j}{T_j}$$

onde:

A_j - representa a extensão actual do impacte j num certo período e numa certa área;

T_j - valor alvo para o impacte j .

- Para uma avaliação puramente social ou monetária:

$$W_j = R_j$$

onde:

R_j - representa o factor inter-impacte relativamente ao impacte j .

- Para uma avaliação combinando distância-ao-alvo e social ou monetária:

$$W_j = R_j \cdot \frac{A_j}{T_j}$$

Uma das desvantagens da fase de ponderação relaciona-se com facto de ser complicado determinar a forma como um analista ou parte interessada, deve agir perante um processo de decisão, dada a natureza subjectiva desta fase. Desenvolver métodos de ponderação completamente objectivos, ou universalmente aceites, não é impraticável, no entanto, existem algumas abordagens para esta etapa que são utilizadas com sucesso, tal como a *Analytical Hierarchy Process*, *The Modified Delphi Technique*, e a *Decision Analysis Using Multi-Attribute Theory*.

3.2.3.7 *Análise de Qualidade dos Dados*

A exactidão dos dados tem de ser suficiente para satisfazer o propósito do estudo de ACV tal como definida nos objectivos e âmbito. A Norma ISO 14044:2006(E), refere as seguintes técnicas para melhor compreender a exactidão e significância dos dados:

- a) **Análise de gravidade** – Procedimento estatístico que identifica os dados (ou os processos unitários) que mais contribuem para o resultado do indicador. Assim, é possível analisar os dados que têm maior prioridade de forma a garantir uma decisão mais segura.
- b) **Análise de incerteza** – Procedimento usado para determinar como se propagam as incertezas e pressupostos no cálculo dos indicadores e como estes afectam os resultados da AICV.
- c) **Análise de sensibilidade** – Procedimento utilizado para medir as alterações nos resultados do indicador quando são introduzidas alterações nos dados e nas escolhas metodológicas.

Dependendo da metodologia de AICV seleccionada e/ou dos dados do inventário em que esta se baseia, existem algumas limitações-chave nesta fase de ACV que incluem a falta de resolução espacial (e.g., o impacte de 15 000 l de amónia é pior num rio de pequenas dimensões que num rio de maiores dimensões); a falta de resolução temporal (e.g., a emissão de 5 toneladas de partículas durante o período de um mês é pior que a mesma quantidade de emissão distribuída ao longo de um ano); a abrangência do inventário (e.g., certos itens registados no inventário são pouco específicos, como “COVs” e os “metais” que não fornecem informação suficiente para avaliar correctamente os impactes ambientais); e finalmente, o impacte do valor do limiar (e.g., 10 toneladas de contaminação não é necessariamente dez vezes pior que 1 tonelada de contaminação). A selecção de modelos de

impacte mais complexos ou com dados industriais específicos podem ajudar a reduzir as limitações da AICV (EPA, 2006).

3.2.4 Interpretação do Ciclo de Vida

De acordo com a Norma ISO 14040:2006(E), a fase de interpretação é um procedimento iterativo e sistemático que tem como objectivo: identificar, qualificar, verificar, analisar os resultados, chegar a conclusões, esclarecer limitações, sugerir recomendações baseadas nas descobertas das fases precedentes do estudo ACV ou ICV e relatar os resultados da interpretação do ciclo de vida dum modo transparente de forma a encontrar os requisitos da aplicação como descrito nos objectivos e âmbito do estudo. Esta etapa da ACV deve reflectir o facto dos resultados de AICV serem baseados em aproximações relativas e que estes indicam efeitos ambientais potenciais, não sendo por isso possível prognosticar impactos reais nas categorias de ponto final, nem margens de segurança ou de risco. É igualmente importante ter em conta, nas tomadas de decisão, que as ACVs não consideram o desempenho técnico, os custos, ou a aprovação social e política. Por esta razão, é recomendado utilizar a ACV em conjunto com outros parâmetros excluídos por defeito por esta ferramenta (EPA, 2006).

A interpretação do ciclo de vida de uma ACV ou de um ICV compreende vários elementos tais como:

- Identificação de pontos relevantes baseados nos resultados das fases de ICV ou de AICV. Os pontos significativos podem ser: categorias dos dados de inventário, tais como, energia, emissões, resíduos, etc.;
- Uma avaliação do estudo de ACV que considera o grau de abrangência, sensibilidade e consistência. O objectivo da verificação de sensibilidade é avaliar a confiança dos resultados e conclusões finais, verificando se eles são afectados pelas incertezas dos dados, métodos de afectação ou cálculos dos resultados dos indicadores de categoria, enquanto que o objectivo da verificação da consistência é determinar se as suposições, métodos e dados são consistentes com os objectivos e âmbito do estudo;
- Conclusões, limitações e recomendações. O objectivo deste terceiro elemento é desenhar conclusões preliminares e verificar se estas estão consistentes com os requisitos do objectivo e âmbito do estudo, incluindo, em particular, requisitos de qualidade dos dados, suposições e valores pré-definidos, e requisitos orientados-aplicação. Se as conclusões estão consistentes, relatar todas as conclusões. Se não, voltar às fases prévias a), b) ou c) como apropriado (ISO 14044:2006(E)).

A **Figura 3-6** demonstra a relação da fase de interpretação com as outras fases de ACV:

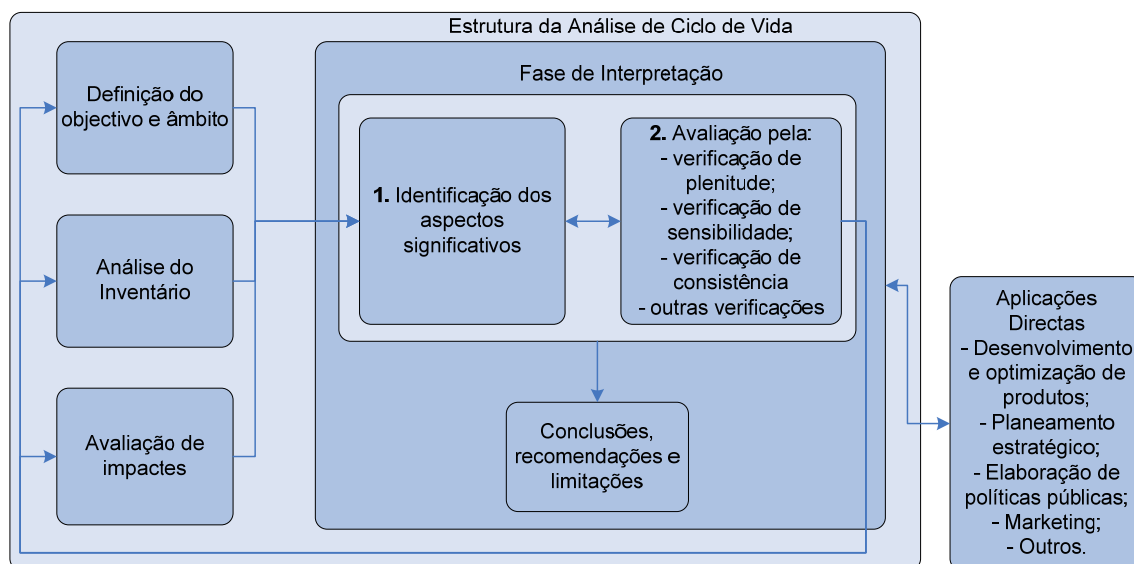


Figura 3-6 - Relação dos elementos da fase "interpretação" com as outras fases da ACV (Fonte: ISO 14044:2006(E)).

3.3 SOFTWARES DE APLICAÇÃO

Têm sido desenvolvidos vários programas informáticos e bases de dados para apoiar a condução de estudos ambientais de Análise de Ciclo de Vida. Os mais citados na bibliografia e que são descritos na **Tabela 3-2**, são: SimaPro; KCL-ECO e KCL EcoData; LCAiT; GaBi; e, PEMS.

Para os objectivos do estudo em causa foi utilizado o *software* Umberto, por ser a ferramenta de ACV que se considerou com maior versatilidade, de fácil utilização, ajustável e de fácil interpretação, sendo o número de substâncias a serem modeladas ilimitado (Winkler e Bilitewski, 2007).

Tabela 3-2 – *Softwares de aplicação* (Adaptado de: Product ecology consultants, 2009; EC, 2008)

Programa de computador	Bases de dados	Descrição
SimaPro	<ul style="list-style-type: none"> • Buwal 250; • Dutch Input Output Database; • ETH-ESU 96 System processes; • ETH-ESU 96 Unit processes; • IDEMAT 2001; • Industry data; 	Introduzido em 1990, é um dos <i>softwares</i> mais usados em todo o mundo, visto ser de fácil utilização. É usado para análise ambiental dos produtos com vista a uma tomada de decisão no desenvolvimento de produtos e política de produto (http://www.pre.nl). É possível utilizar diferentes metodologias de avaliação de impactes devido à flexibilidade deste instrumento. Os resultados são transparente visto que é sempre possível saber o que está por trás dos resultados (as emissões ou processos mais importantes, etc.). Existem diferentes versões, tais como, a versão "designer", analista, multi-utilizador, extra utilizador, educacional singular e multi-utilizador e ainda uma versão demo (http://lca.jrc.ec.europa.eu/).
KCL-ECO	KCL EcoData é uma base de dados de ICV actualizada continuamente e dirigida fundamentalmente para cálculo de inventário do ciclo de vida de produtos florestais. Os dados foram recolhidos por especialistas de vários ramos da indústria juntamente com publicações e questionários. EcoData contém aproximadamente 300 módulos de dados cobrindo vários sectores.	<p>O programa está desenvolvido para levar a cabo cálculos dos módulos que descrevem uma ACV. As versões anteriores do software têm sido utilizadas com sucesso nos diversos sectores da indústria e para propósitos educacionais desde 1994. Algumas das características da recente KCL-ECO 4.0 são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suporta alocação "multi-saídas"; • Os módulos podem ser agregados de modo conveniente; • Processamento gráfico dos resultados; • Função "HotSpot". As fontes de emissão mais significativas podem ser encontradas facilmente, mostradas no ecrã e impressas por ordem de importância; • O utilizador pode esconder alguns módulos, por exemplo, quando pretende enviar um diagrama de fluxos para um utilizador que não deve ter acesso a todos os módulos. (http://lca.jrc.ec.europa.eu/)

Tabela 3-2 (continuação) – Softwares de aplicação (Adaptado de: Product ecology consultants, 2009; EC, 2008)

GaBi	<p>O programa tem uma base de dados de alta qualidade, sendo bastante compreensiva e consistente. Inclui também informação da base de dados da Comissão Europeia – ELCD. As bases de dados GaBi são sempre construídas com uma estrutura básica definida. O próprio software disponibiliza ao utilizador a interface para a base de dados.</p>	<p>A versão GaBi 4, é uma ferramenta para construir balanços de ciclo de vida que suporta o manuseamento de grande quantidade de dados e com modelação do ciclo de vida do produto. Este software calcula balanços de diferentes tipos e ajuda a agregar os resultados. As suas principais características são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O software GaBi 4 é baseado num conceito modular. Isto significa que planos, processos, fluxos e suas funcionalidades estabelecem unidades modulares que são manuseados e interligados facilmente para o cálculo de ACV. Também, várias fases do ciclo de vida podem ser capturados em módulos e modificados separadamente; • O “<i>GaBi web questionnaire</i>” permite organizar e recolher dados. Sistemas parametrizados são desenvolvidos no programa e uma funcionalidade especial permite criar automaticamente questionários para facilitar e rentabilizar o processo de recolha. A informação recebida é depois importada para o programa que é suportado por uma função de verificação de consistência.
Umberto 5.5	<p>Na biblioteca de processos do Umberto o utilizador tem acesso a diversos módulos de vários campos de aplicação: processos auxiliares que ocorrem em empresas, tais como, de abastecimento energético, deposição de resíduos, transporte e provisão de matérias-primas e outros materiais básicos.</p> <p>Além da própria biblioteca do Umberto, existem adicionalmente outras duas bases de dados: ecoinvent Data v1.3 e <i>Sabento Library</i>.</p>	<p>É um <i>Software</i> flexível para modelação, cálculo, visualização e avaliação de fluxos de material e energia. Tem sido desenvolvido e optimizado ao longo de cerca de 15 anos. Indústrias que produzem intensiva e custosamente materiais utilizam o Umberto extensivamente, devido, em parte ao interface intuitivo deste. É também muito usado por empresas de consultoria e de investigação.</p> <p>O programa é flexível o suficiente para expor o mais complexo dos processos. Assim, o utilizador pode ver o mais alto nível de um processo (e.g., toda a empresa em estudo) e depois fazer um <i>zoom</i> numa linha de produto específica ou mesmo num processo específico.</p> <p>É ainda possível utilizar <i>Life Cycle Costing</i> (LCC), de forma a incluir todos os custos associados ao ciclo de vida de um sistema.</p>

3.4 APLICAÇÕES DE ACV A RESÍDUOS

Desde o início da década de 90 que cientistas e investigadores começaram a desenvolver modelos gerais para aplicação de ACV para a gestão de resíduos (Winkler e Bilitewski, 2007). Desta forma, são inúmeros os exemplos de aplicações da ACV nesta área. De seguida, apresentam-se apenas alguns estudos desenvolvidos em diferentes países do mundo que analisam sistemas de gestão de resíduos diversos.

3.4.1 Caso de estudo em Espanha

O caso de estudo “*Alternative scenarios to meet the demands of sustainable waste Management*”, (2005) desenvolvido na comunidade Valenciana de Espanha analisa as diferentes alternativas para a gestão dos resíduos sólidos urbanos que podem ser implementadas de forma a atingir as metas propostas nas directivas europeias sobre aterros e embalagens e resíduos de embalagem. Neste estudo foi então analisado o desempenho ambiental de cada alternativa, utilizando a ACV a dois níveis: primeiramente as emissões registadas na fase de ICV, foram agrupadas em categorias de impacto para obter um indicador para cada categoria; e, posteriormente, os dados ambientais foram ponderados para formar uma unidade singular (Bovea e Powell, 2005).

Apesar de se utilizarem quatro métodos diferentes de avaliação de impactes, neste estudo, obtiveram-se resultados semelhantes ao estabelecer-se um *ranking* das várias alternativas. Além do cenário base, representativo do sistema de gestão de resíduos da comunidade Valenciana à data do estudo, foram também analisados quatro cenários diferentes. Dois destes cenários representavam sistemas de gestão de resíduos diferentes, sem recuperação de energia e os restantes representavam os mesmos mas com recuperação de energia. Assim, ao comparar as várias alternativas os autores concluíram que os cenários com recuperação de energia atingem melhores resultados relativamente ao cenário base. Efectuaram-se, adicionalmente, análises de sensibilidade, recomendados pela ISO 14002 (2000) para testar os pressupostos utilizados que revelaram que estes não interferiram com o resultado total (Bovea e Powell, 2005).

3.4.2 Caso de estudo na Alemanha

No estado federal de Baden-Württemberg, na Alemanha, desenvolveu-se um estudo, “*Environmental Evaluation of Household Waste Management System in Southern Germany*”, que à semelhança do anterior, teve como objectivo quantificar e comparar os impactes ambientais causados pelas estratégias existentes de gestão de resíduos domésticos na região em análise. No caso dos resíduos domésticos, os impactes ambientais ao longo da cadeia de gestão de resíduos correspondem ao somatório dos impactes provenientes das operações fim-de-vida para cada produto pertencente aos resíduos domésticos. A ACV desenvolvida inclui a avaliação de impactes directos provenientes das estratégias de gestão de resíduos domésticos, assim como, os benefícios obtidos através da substituição de matérias-primas e recursos de energia primários. As operações avaliadas incluem a recolha e transporte de resíduos, recuperação de material e energia, digestão anaeróbia, tratamento dos resíduos e deposição final. Para o tratamento dos resíduos, foram modelados a incineração, tratamento mecanico-biológico e estabilização mecanico-biológica, já que representam o estado-da-arte na Alemanha. Com o recurso ao *software Umberto*, obtiveram-se os *input* e *output* de materiais e fluxos energéticos necessários através da combinação de resultados de modelos de processos externos, valores de literatura e do módulo da biblioteca disponível no programa. Através da avaliação de impactes, foi possível concluir que existe mais que uma estratégia de gestão de resíduos domésticos, assim como mais que uma operação de tratamento de resíduos que revelam benefícios ambientais. Se todos os problemas ambientais são igualmente significantes, então as estratégias que maximizam a reciclagem ou em que existe uma combinação entre reciclagem e recuperação energética, são as mais benéficas em termos ambientais. Em termos gerais, a reciclagem de vidro, papel, metais ferrosos e não-ferrosos deve ser maximizado de forma a obter-se maiores benefícios ambientais. Embalagens de plástico podem ser recicladas ou utilizadas como combustível secundário, visto que ambas estas estratégias reduzem os efeitos nefastos no ambiente numa extensão semelhante. (Escalante *et al.*, 2007).

3.4.3 Caso de estudo na Tailândia

Para a província de Phuket na Tailândia, foram realizados dois estudos para avaliar as estratégias de gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). O primeiro estudo publicado, "*LCA: A decision support tool for environmental assessment of MSW management systems*", teve como objectivo comparar, tanto do ponto de vista de consumo energético, como do ponto de vista de emissões de gases com efeito de estufa, duas das estratégias usadas na gestão de RSU: aterro (sem recuperação de energia) e incineração (com recuperação de energia) (Liamsanguan e Gheewala, 2007a). No segundo estudo publicado compararam-se quatro cenários diferentes (Liamsanguan e Gheewala, 2007b):

- **Cenário base ou Cenário 1:** Representativo da estratégia existente de gestão de resíduos na província de Phuket (estima-se que 71% do total de RSU é enviada para incineração; 26% é depositada em aterro e 3% é separada e recuperada para reciclagem);
- **Cenário 2:** 30% dos materiais recicláveis são separados na fonte e recolhidos para serem reciclados. Outras fracções de combustível são enviadas para incineração a uma taxa de 70%. A fracção restante é depositada em aterro;
- **Cenário 3:** 30% de resíduos alimentares e de jardim são separados na fonte e recolhidos para sofrerem digestão anaeróbia. Outras fracções de combustível são enviadas para incineração a uma taxa de 70%. A fracção restante é depositada em aterro;
- **Cenário 4:** 30% de materiais recicláveis são separados na fonte e recolhidos para serem reciclados e 30% de resíduos alimentares e de jardim são separados na fonte e recolhidos para sofrerem digestão anaeróbia. Outras fracções de combustível são enviadas para incineração a uma taxa de 70%. A fracção restante é depositada em aterro.

Aplicou-se a metodologia da ACV em ambos os estudos referidos e concluiu-se que esta é uma boa ferramenta de apoio em tomadas de decisão respeitantes ao planeamento e optimização de um sistema integrado de gestão de resíduos. No primeiro estudo, os autores concluíram que a incineração é superior à deposição em aterro, tanto em termos de consumo energético como em termos de emissão de gases com efeito de estufa. Ainda se concluiu que a deposição em aterro, constitui, no entanto, uma melhor alternativa quando existe recuperação de gás e, simultaneamente, produção de electricidade (Liamsanguan e Gheewala, 2007a).

No estudo relativo à comparação de quatro cenários diferentes, os autores concluíram que de um ponto de vista holístico, o cenário 4 é a melhor opção em termos de potencial de aquecimento global, enquanto que o cenário base é a pior opção. O estudo sugere ainda que uma política que promove separação na fonte deve ser preferencialmente adoptada, juntamente com recuperação de gás para electricidade em aterros (Liamsanguan e Gheewala, 2007b).

3.4.4 Caso de estudo na Turquia

A metodologia de ACV foi utilizada como ferramenta para determinar a melhor estratégia de gestão de RSU para a cidade de Eskisehir na Turquia. Nesta cidade, 3% da totalidade dos RSU, eram separados e enviados para reprocessamento e os restantes 97% eram depositados em lixeiras. Posteriormente, as partes recicláveis dos resíduos deste aterro eram parcialmente separadas (7%) e enviadas para instalações de recuperação de materiais em locais exteriores à cidade. Desta forma, foram desenvolvidos cinco cenários diferentes à semelhança dos casos anteriormente referidos:

- **Cenário 1:** Representativo da estratégia existente de gestão de resíduos, na cidade de Eskisehir, incorporando, no entanto, algumas melhorias. Adicionou-se ao sistema uma instalação de recuperação de materiais junto a um aterro sanitário. Depois de processados, os materiais desta instalação são enviados para instalações de reciclagem no exterior da cidade. No total, a fracção enviada para reciclagem equivale a 7,5% e a fracção restante, 92,5%, é depositada em aterro;
- **Cenário 2:** Com o intuito de otimizar o cenário 1, adicionou-se um sistema de separação na fonte com eficiência de 50%. Neste caso, a fracção enviada para reciclagem corresponde a 15% do total de RSU e a fracção enviada para aterro corresponde a 85%;
- **Cenário 3:** Neste cenário é dada maior relevância à recuperação da fracção biodegradável dos RSU. A fracção orgânica, separada na instalação de recuperação de materiais, é enviada para uma instalação de compostagem e posteriormente, o restante é enviado para aterro. Neste caso, a fracção enviada para a reciclagem corresponde a 15% do total de RSU, a fracção enviada para aterro corresponde a 8% e a fracção enviada para a compostagem corresponde a 77%;

- **Cenário 4:** Adicionou-se um processo de incineração ao sistema em vez de uma instalação de compostagem como no cenário 3. Neste caso, a fracção enviada para reciclagem corresponde a 15% do total de RSU e a fracção enviada para incineração corresponde a 85%. Depois de processar estes resíduos, a fracção restante é enviada para aterro;
- **Cenário 5:** Neste cenário considerou-se que a totalidade (100%) dos RSU são enviados para uma instalação de incineração.

As bibliotecas do “*SimaPro7*” foram usadas para obter dados para a fase de ICV. A unidade funcional seleccionada foi 1 tonelada de RSU de Eskisehir. As comparações entre os diferentes cenários efectuaram-se com base nas categorias de impacte seguintes: Depleção abiótica; aquecimento global, toxicidade humana, acidificação; eutrofização; depleção fotoquímica do ozono. De acordo com as comparações e análises de sensibilidade o cenário 3 é preferível do ponto de vista ambiental. No entanto, o estudo faz referência ao facto de ser necessário conjugar a metodologia de ACV com outras ferramentas que consideram os efeitos sociais e económicos da gestão dos RSU para possibilitar uma visão holística da situação (Banar *et al.*, 2007).

3.4.5 Caso de estudo na Itália

O caso de estudo “*LCA of integrated MSW management systems: Case study of the Bologna District*”, desenvolvido para o distrito de Bologna, tem como objectivo principal demonstrar os benefícios que se podem obter, a nível político, com o uso da metodologia de ACV em termos de identificação e quantificação dos impactos ambientais potenciais das diferentes estratégias de gestão de resíduos. Até à data do estudo, a gestão integrada de resíduos do distrito de Bolonha incluía recolha, transporte, separação, reciclagem, compostagem, incineração e deposição em aterro. Desenvolveram-se e compararam-se, então, três cenários diferentes, referentes ao ano de 2006. O estudo foi realizado utilizando o *software* WISARD (*Waste Integrated System for Assessment of Recycling*). A escolha deste programa baseou-se na oportunidade de usar modelos de recolha e tratamento previamente disponíveis na base de dados do programa e posteriormente alterá-los de forma a desenvolver modelos específicos ao caso de estudo. Neste caso de estudo específico, foi possível quantificar, nos resultados, o efeito da recolha separada, assim como ainda, se explicou as diferenças nas tendências de duas categorias de impacte (gases com efeito de estufa e potencial de acidificação), ambas relativas ao consumo energético. Foram confirmados os benefícios ambientais provenientes do aumento da taxa de reciclagem e de incineração com recuperação de energia. No entanto, verificou-se ser necessário considerar os efeitos locais no ambiente, nesta ACV, para poder avaliar correctamente os planos de gestão de resíduos (Buttol *et al.*, 2007).

3.4.6 Caso de estudo no Reino Unido

Este estudo realizado numa região de Wales, no Reino Unido, foi desenvolvido com o intuito de modelar os impactos tanto ambientais como económicos de determinados cenários. A nível ambiental, foi utilizado o WISARD como modelo computacional para possibilitar a comparação dos vários cenários de ACV. Para avaliar os aspectos económicos foi desenvolvido um modelo utilizando uma folha de Excel para avaliar os custos, taxas de empregabilidade e de recuperação alcançadas, utilizando vários métodos de recuperação de resíduos. Os resultados do estudo de ACV demonstraram que a opção da incineração é mais favorável que as opções de deposição em aterro e de reciclagem/compostagem. Contudo, os resultados da modelação económica comprovam que a opção incineração está associada a custos de manutenção mais elevados e a taxas de empregabilidade mais reduzidas, quando comparada com outras opções como reciclagem. Neste estudo, refere-se igualmente a necessidade de recorrer a outras ferramentas para avaliar os impactos sociais e locais (e.g., ruído) (Emery *et al.*, 2007).

3.5 APLICAÇÕES DE ACV AOS ÓLEOS USADOS

Existem ainda alguns estudos realizados na Europa relativos a aplicações de ACV em óleos usados. Como exemplo de estudos nesta área apresentam-se, nesta secção, resumos de alguns realizados em diferentes países: Noruega, Alemanha e França. A diferença entre os resultados apresentados em cada investigação atribui-se, na maioria das vezes, à diferença entre os pressupostos assumidos para cada estudo, assim como pela diferença entre as quantidades assumidas para as entradas e

saídas de cada sistema em consideração (as quantidades assumidas variam de país para país). Como se pode concluir pela análise destas investigações a ACV não é uma ferramenta completamente isenta de erros, existindo ainda dúvidas na sua aplicação, principalmente em relação ao grau de valorização dos diferentes impactos nos vários campos ambientais. No entanto, apesar das suas limitações, esta metodologia permite avaliar a totalidade dos impactos ambientais de qualquer solução para os RIP, sendo indispensável para a tomada de decisões ambientalmente correctas. Devido às limitações de exactidão das ACV estas devem ser utilizadas, não para escolher inequivocamente a melhor alternativa, mas para eliminar os processos de tratamento claramente mais desvantajosos do ponto de vista do impacto ambiental.

Além dos quatro estudos apresentados, existe também um estudo - *Ecological and energetic assessment of re-refining used oils to base oils: Substitution of primarily produced base oils including semi-synthetic and synthetic compounds* - encomendado pela GEIR (Associação Europeia da indústria de regeneração) em 2005, para considerar os desenvolvimentos nas tecnologias no sector da regeneração. Analisam-se, desta forma, quatro das tecnologias de regeneração mais avançadas da Europa e ainda uma dos EUA. À semelhança dos quatro estudos apresentados, também este compara a opção dos óleos usados utilizados como combustível de substituição com a opção de regeneração.

3.5.1 Incineração ou regeneração de óleos lubrificantes usados? – Análise do Ciclo de Vida dos impactos ambientais.

Este estudo, realizado na Noruega em 1995, foi desenvolvido com o objectivo de comparar os impactos ambientais e o consumo de recursos de dois sistemas de produto:

- Sistema de queima: produção de lubrificantes e uso de óleos usados para queima;
- Sistema de regeneração: produção de lubrificantes e uso de óleos usados para regeneração.

O estudo seguiu os métodos descritos no '*Nordic Guidelines on LCA*', desenvolvido pelo Conselho de Ministros Nórdicos. A unidade funcional escolhida foi 1000 kg de lubrificante, seguindo o método de queima de óleos usados. Assume-se, neste estudo, que as instalações de queima têm que substituir a falta de óleo usado por óleo *fuel* ou electricidade, quando se regenera óleos usados para produzir óleo base. É importante referir que este estudo carece de análise de sensibilidade e a qualidade dos dados é um tema que não é abordado.

Segundo os autores deste estudo, a comparação entre os dois sistemas é possível devido à adição de energia ao sistema de regeneração na forma de óleo *fuel* e electricidade de forma a atingir funcionalidade igual ao sistema de queima (lubrificação e utilização de energia). Em ambos os sistemas, exclui-se três sistemas de produtos: as perdas de óleo usado, a adição de substâncias aditivas e o processo de queima.

Os dados para o sistema de queima derivam de instalações nórdicas de óleos usados. Assume-se que as instalações de queima não possuem *scrubbers* (filtros de mangas) para reduzir as emissões de CO₂ geradas pelo processo. Quanto ao processo de regeneração, o estudo assume que a falta de energia gerada comparativamente com o sistema de queima é compensado pela utilização de óleo *fuel* pesado e electricidade neste processo.

Foram seleccionadas sete categorias de impacto: alterações climáticas globais; acidificação; emissões de COV; emissões de CO; recursos de energia fóssil; eutrofização e resíduos produzidos. Em comparação, os impactos ambientais são superiores para o sistema de queima para todas as categorias de impacto, excepto para a categoria de produção de resíduos em que ambos os sistemas igualam. É ainda importante referir que a qualidade do óleo base regenerado, segundo pesquisas realizadas na Alemanha, é superior à qualidade de óleo base virgem.

As principais conclusões dos autores após a fase de ponderação indicam que os impactos ambientais mais importantes são o consumo de energias fósseis, a contribuição para as alterações climáticas e ainda as emissões de COV. Estas conclusões são baseadas em condições específicas e fluxos de materiais, a análise indica que o sistema de regeneração contribui menos para os impactos ambientais do que o sistema de queima, com respeito a todos os parâmetros ambientais. A ACV demonstra que podem obter-se melhorias ambientais, através do processo de regeneração do óleo usado em óleo base, em vez de queimar óleo para geração de energia (Monier e Labouze, 2001).

3.5.2 Óleo usado – combustível ou lubrificante?

Este estudo desenvolvido na Alemanha entre 1995 e 1997, tem como objectivo verificar até que ponto a regeneração por destilação dos óleos usados deve ser uma prática precedida pela queima em cimenteiras dos mesmos como é requerido pelo *Waste Recycling Act*.

Para possibilitar a comparação entre ambos os sistemas assume-se que os produtos que não são produzidos através da recuperação de resíduos têm que ser produzidos através de matérias-primas primárias. Assim, neste estudo, 1 000 kg de óleo usado recolhido (unidade funcional) substitui uma quantidade de combustível industrial ou também pré-produtos para o fabrico de lubrificantes. Se uma destas opções for escolhida o outro produto respectivo (produto complementar) não pode ser produzido de óleos usados e tem que ser produzido a partir de matérias-primas primárias.

Relativamente ao sistema de regeneração, o óleo usado substitui 0,57 toneladas de óleo base produzido de óleo crude virgem. O produto complementar neste caso para o sistema de queima é 0,57 toneladas de óleo base produzido a partir de óleo virgem. Quanto ao sistema de queima, os óleos usados produzem 39 GJ de poder calorífico para grandes instalações de combustão. Quanto à composição e parâmetros de combustão, os óleos usados utilizados para queima directa (sem qualquer reprocessamento) podem ser comparados com combustíveis pesados de viscosidade média produzidos através de uma refinação primária.

Os limites do sistema são construídos de forma a criar cenários completamente comparáveis e que produzam benefícios equivalentes, visto que abrange todos os benefícios potenciais da reciclagem de materiais e valorização energética de 1 000 kg de óleos usados. Os limites do sistema não incluem os processos unitários que são assumidos como comuns a ambos os sistemas, isto é, a recolha de óleos usados; preparação de lubrificantes e queima industrial.

A avaliação do processo de regeneração de óleos usados baseia-se na recolha extensiva de dados obtidos de uma refinaria alemã (*Mineralöl-Raffinerie Dollbergen*), enquanto que, para a refinação de óleos bases virgens, utilizaram-se dados de várias refinarias do tipo que reflectiam a situação da Alemanha nesse campo. Também utilizaram-se dados sobre a produção de óleo mineral e transporte, assim como, da refinação de óleo crude retirados de literatura apropriada e de outras bases de dados (programa GEMIS).

As categorias de impacto seleccionadas, neste estudo, são: consumo total de energia primária (MJ/t de óleo usado); potencial de aquecimento global (kg eq. CO₂/t de óleo usado); potencial de acidificação (kg eq. SO₂/t de óleo usado); consumo de combustíveis (kg/t de óleo usado); consumo de água (kg/t de óleo usado) e produção de resíduos (kg/t de óleo usado).

O estudo refere três cenários de comparação. O primeiro é relativo à regeneração de óleos usados com produção de *fuel* óleo como combustível de substituição para a queima directa, enquanto que o segundo cenário refere-se à regeneração de óleos usados com produção de carvão como combustível de substituição na queima directa. Na realidade o carvão constitui 69% dos combustíveis primários utilizados em cimenteiras. O terceiro cenário é relativo à produção de energia (39 GJ) na queima directa, com produção de óleo base virgem.

Para todos os indicadores ambientais avaliados neste estudo (excepto para dois indicadores: produção de resíduos e consumo de água), a regeneração de óleos usados é significativamente mais segura para o ambiente que a queima directa, no caso em que o combustível de substituição é o *fuel* óleo. No cenário em que o combustível de substituição na queima directa é o carvão, os resultados apresentados são opostos, indicando que a regeneração, neste caso, é uma opção menos vantajosa para o ambiente. A ambiguidade dos resultados para estes cenários demonstra a importância da selecção dos produtos complementares no âmbito da determinação de cenários. Os autores concluíram assim que a não ambiguidade dos resultados não pode ser garantida, devido ao facto da comparação entre ambas as opções estarem dependentes da selecção dos produtos complementares (Monier e Labouze, 2001).

3.5.3 Reciclagem e valorização energética dos óleos usados.

O Ministério do Ambiente Francês encomendou este estudo, conduzido por técnicos da ADEME, em 1995 para compilar dados ambientais relativos à recolha e eliminação de óleos usados em França. O

objectivo do estudo consiste em determinar os benefícios e limitações ambientais de cinco vias de eliminação utilizados correntemente ou em vias de desenvolvimento, através da metodologia de ACV.

As cinco opções de tratamento analisadas neste estudo são a regeneração por destilação em vácuo e tratamento com argila; co-incineração em cimenteiras; regeneração por contacto directo com hidrogénio e destilação em vácuo; co-incineração em instalações de calcário para revestimento de estradas e ainda reciclagem em refinarias.

Não está incluída a recolha de óleos usados neste estudo, visto ser um processo comum para todas as opções. Os produtos obtidos através de uma opção de recuperação de óleos usados (e.g., óleo base regenerado) induzem à poupança de produtos equivalentes obtidos de matérias-primas primárias (e.g., são poupados óleos de refinarias de crude e de óleo base lubrificante). Na opção de queima, a saída de energia resultante da incineração de óleos usados conduzem à poupança de combustíveis primários. As poupanças tidas em conta são contabilizadas subtraindo os impactes ambientais evitados das vias alternativas.

Para as opções de regeneração foram descritos dois sistemas: o sistema A e A'. O primeiro descreve duas funções: a eliminação de 1 000 kg de óleo usado (unidade funcional) e a produção de x kg de óleo base. O sistema A' descreve apenas a produção de x kg de óleo base, mas incluindo todos os processos desde a extracção do crude até à produção de óleo base virgem (sistema evitado). O sistema global (A-A') foi desenvolvido para reduzir o sistema a uma função única: a eliminação de 1000 kg de óleos usados.

Para as opções de queima foram também descritos dois sistemas: o sistema B e B'. O primeiro descreve duas funções: a eliminação de 1 000 kg de óleo usado (unidade funcional) e a combustão de y MJ de óleos usados em instalações de co-incineração. O sistema B' descreve apenas a combustão de y MJ de combustíveis primários, mas incluindo todos os processos desde a extracção de matérias-primas até à utilização de y MJ numa instalação de co-incineração (as matérias-primas poupadas que são referidas no estudo são variadas: coque; alcatrão; carvão; combustíveis pesados e gás natural). Ambos os sistemas são comparáveis visto que descrevem a mesma e única função (a eliminação de 1 000 kg de óleo usado).

O estudo considera as seguintes categorias de impacto: consumo total de energia primária e consumo de combustíveis fósseis; consumo de água; alterações climáticas globais; acidificação; toxicidade humana (emissões para a água podem ser excluídos do estudo devido à pouca importância dada aos tratamentos de água dentro das quatro opções). No relatório mais detalhado são ainda analisados os indicadores seguintes: emissões atmosféricas de mercaptano; emissões atmosféricas de monóxido de carbono; emissões atmosféricas de partículas; matéria suspensa descarregada na água; matéria dissolvida descarregada na água; eutrofização e produção total de resíduos.

As entradas e saídas de energia e materiais do sistema de refinação de óleos foram alocados de acordo com o valor mássico dos produtos. Como este procedimento é controverso, visto que induz a uma sobrevalorização dos impactes devido ao coque e ao asfalto serem considerados resíduos das refinarias, além desta alocação 'mássica' procede-se a uma alocação 'económica' em que as entradas e saídas do sistema são repartidas entre os co-produtos segundo o valor económico. Assim, reduz-se a diferença dos benefícios entre a regeneração e a co-incineração em cimenteiras.

Os resultados demonstram que todas as opções de recuperação de óleos usados considerados são favoráveis em termos de impacto ambiental (em comparação com a opção em que não se procede a nenhum tipo recuperação). Os autores concluíram ainda que as emissões atmosféricas e o consumo de combustíveis fósseis são os impactes ambientais mais importantes a analisar, neste caso.

Para praticamente todos os impactes ambientais estudados, a diferença entre as opções de recuperação é determinada mais pelo processo que é evitado que pelo processo de recuperação em si. Também se considera que os impactes dos transportes são insignificantes comparados com os impactes dos processos industriais.

A melhor opção de regeneração analisada neste estudo é a regeneração por contacto directo com hidrogénio e destilação em vácuo e os impactes adicionais causados por esta via de tratamento, comparativamente à opção de co-incineração em cimenteiras, é oito vezes menor na categoria do aquecimento global. No entanto relativamente ao indicador de consumo de energia primária, os autores indicam que a opção mais favorável é a opção de queima em cimenteiras. Para a maioria das

categorias de impacto, as instalações de asfalto assemelham-se melhor ao processo de regeneração. Os autores acrescentam que a opção de regeneração para o caso de França na data de publicação do estudo podia ser otimizada, através da recuperação da energia dos co-produtos, redução do consumo energético para tratamento e selecção de combustíveis primários com baixo teor em enxofre, cloro e metal.

Os autores referem ainda que em termos de consumo de combustíveis fósseis, depleção de recursos não renováveis e potencial de aquecimento global, a opção de co-incineração apresenta maiores benefícios que a opção de regeneração. É ainda importante notar que os impactos ambientais que contrastam mais, dependendo da tecnologia de regeneração, são o potencial de acidificação, potencial de eutrofização e resíduos. Dependendo do combustível primário utilizado também os resultados do potencial de acidificação e dos resíduos totais contrastam mais entre as opções (Monier e Labouze, 2001).

3.5.4 Balanço ecológico das tecnologias de valorização dos óleos

Este estudo, encomendado pelo Ministério do Ambiente da Alemanha (UBA) em 2000, tem como objectivo determinar os benefícios ambientais e as limitações de quatro opções de eliminação de óleos usados: co-incineração em cimenteira; regeneração por destilação em vácuo e tratamento químico do óleo base; transformação (com tratamento químico e térmico) em combustíveis mais ligeiros (representativo da técnica de *Thermal Cracking*) e, por fim, processo de gaseificação em que o produto final é o metanol.

À semelhança de estudos anteriores, a recolha dos óleos usados não é incluído nos limites do sistema, visto que permanece igual para todas as opções em análise. Este estudo utiliza uma base metodológica muito semelhante ao estudo '*Recyclage et valorisation énergétique des huiles usagées – atouts et faiblesses*'. Assim, os produtos obtidos através de uma opção de recuperação de óleos usados (e.g., óleo base regenerado) induzem à poupança de produtos equivalentes obtidos de matérias-primas primárias (e.g., são poupados óleos de refinarias de crude e de óleo base lubrificante). Na opção de queima, a saída de energia resultantes da co-incineração de óleos usados conduzem à poupança de combustíveis primários. As poupanças tidas em conta são contabilizadas subtraindo os impactos ambientais evitados das vias alternativas.

O estudo considera as seguintes categorias de impacto: consumo total de energia primária; consumo de combustíveis fósseis; consumo de água; alterações climáticas globais; potencial de acidificação; potencial de eutrofização; poluição fotoquímica; toxicidade humana (respectivamente ao cancro) e ecotoxicidade e ocupação do solo.

É feita uma análise de sensibilidade para cada uma das quatro opções. Assim, para o caso da regeneração os autores afirmam que a tecnologia utilizada na Alemanha pode ser otimizada. Esta optimização do sistema induziria a uma redução do consumo de energia e dos impactos relacionados (e.g., efeito de estufa, acidificação). Também é importante notar que o óleo base regenerado é de melhor qualidade que o óleo base normal. Desta forma, deve ser assumido que o óleo lubrificante regenerado pode substituir um óleo base produzido a partir de 90% de óleo mineral e 10% de Poliolefina. Consequentemente, o processo evitado consumiria mais 4% de energia de um combustível e libertaria mais 13% de gás com efeito de estufa (+200 kg eq CO₂ para 1 000 kg óleos usados). Este pressuposto melhoraria então o perfil ambiental da opção de regeneração.

Na perspectiva do *thermal cracking*, assume-se um cenário de referência em que o combustível derivado dos óleos usados substitui uma mistura de combustíveis (59% de combustível ligeiro e 41% de combustível pesado). A análise de sensibilidade revela que num cenário em que o óleo usado substitui apenas combustível ligeiro o impacto da acidificação e da toxicidade humana, do cenário de referência, é maior (devido ao menor impacto do cenário evitado, comparativamente ao cenário de referência). Enquanto que se substitui apenas combustível pesado, o impacto da acidificação e da toxicidade humana é drasticamente reduzido (devido ao maior impacto do cenário evitado relativamente ao cenário de referência).

Em relação à opção de gaseificação assume-se um cenário de referência em que o metanol derivado dos óleos usados substitui o processo em que se utiliza as matérias-primas seguintes: 75% de gás natural, 10% de combustível pesado e 15% lenhite. No entanto, num cenário em que o metanol dos óleos usados substitui um processo que utiliza 100% de gás natural ou 100% de lenhite, a opção da gaseificação torna-se menos segura para alguns indicadores como o efeito de estufa ou o potencial de acidificação. No contexto em que o óleo usado substitui apenas combustível pesado, o cenário de

referência melhora drasticamente os resultados para o impacto do consumo de combustíveis fósseis, do potencial de acidificação e não altera o impacto do efeito de estufa.

Os autores realizaram ainda uma análise de sensibilidade para a opção de queima em que variam as quantidades dos constituintes do combustível utilizado no cenário de referência (8% coque de petróleo, 40% lenhite e 52% carvão) e ainda outra análise de sensibilidade para os procedimentos de alocação no caso dos co-produtos resultantes da refinação do crude.

Os resultados demonstram que todas as opções de recuperação de óleos usados considerados são favoráveis em termos de impacto ambiental (em comparação com a opção em que não se procede a nenhum tipo recuperação). No entanto, não é possível afirmar que uma opção de recuperação dos óleos usados é melhor que outra para todos os impactos ambientais. Cada opção encontra-se associada a pelo menos um benefício ambiental em comparação com as outras opções de recuperação.

Também neste estudo, à semelhança do estudo conduzido pela ADEME, os autores concluem que para praticamente todos os impactos ambientais estudados, a diferença entre as opções de recuperação é determinada mais pelo processo que é evitado que pelo processo de recuperação em si. Também se considera que os impactos dos transportes são insignificantes comparados com os impactos dos processos industriais (Monier e Labouze, 2001).

3.5.5 Avaliação ecológica e energética da regeneração de óleos usados: Substituição de óleos base virgem incluindo compostos sintéticos e semissintéticos

Como foi referido anteriormente, este estudo tem como objectivo a comparação da opção dos óleos usados utilizados como combustível de substituição com a opção de regeneração. Foram analisadas quatro tecnologias de regeneração avançadas da Europa e uma tecnologia igualmente avançada dos EUA.

No âmbito deste estudo, são analisados e avaliados os fluxos de material e energia dos processos de regeneração considerados de forma a incluir os impactos dos processos auxiliares, tais como as cadeias de obtenção de energia e combustíveis. De igual forma, são incluídos no âmbito deste estudo os processos industriais dos lubrificantes primários e os processos que são substituídos pela reciclagem de óleos lubrificantes.

A metodologia desta avaliação segue os requerimentos das Normas ISO 14040ff. Os impactos de categoria analisados incluem: depleção de recursos (respeitante aos recursos de energia fóssil); aquecimento global; acidificação; toxicidade (respeitante aos poluentes carcinogénicos e partículas finas).

Para a avaliação de impactos do ciclo de vida são aplicados dois processos descritos na ISO 14042. Assim, a normalização é feita através do cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores das categorias de impacto relativamente a valores de referência (contribuições específicas). Neste caso, foi utilizado como referência o inventário total do consumo de recursos e emissões da Alemanha. A agregação é feita através do *ranking* das categorias de impactos numa determinada ordem hierárquica, tal como, prioridade muito alta, alta, média e baixa.

As avaliações ecológicas e energéticas conduziram às seguintes conclusões:

- Comparativamente à produção de óleos base em refinarias, todas as cinco técnicas de regeneração consideradas são significativamente mais seguras para o meio ambiente. Isto ocorre para todas as categorias de impacto consideradas;
- As avaliações e comparações com a combustão directa de óleos usados são conduzidas presumindo uma média da situação da indústria cimenteira na Europa (usando principalmente carvão e coque pet como combustíveis primários):
 - Para a maioria dos impactos de categoria a regeneração demonstra ser uma opção mais benéfica para o meio ambiente que a opção de queima directa. Mas, no caso do impacto do aquecimento global a opção de queima directa em que o combustível de substituição é o carvão, os resultados apresentados são opostos;
 - Quanto mais elevada é a proporção de compostos sintéticos nos óleos usados, mais reduzido é o benefício da opção de queima directa para o caso do aquecimento global;

- Relativamente ao impacto do aquecimento global, as conclusões são sensíveis ao tipo de combustível de substituição no caso da queima directa. Se forem utilizados combustíveis, além do carvão ou do coque pet, as conclusões seriam que a regeneração dos óleos usados é no geral mais benéfica quando comparada com a queima directa;

Em suma, a regeneração de óleos usados para recuperação de óleos base conduz à preservação de recursos naturais e à redução de impactes ambientais quando comparado com a produção de óleos base em grandes refinarias de óleo crude. Este estudo demonstra que as tecnologias de regeneração eficientes, o potencial futuro das indústrias de regeneração e outros aspectos ambientais, favorecem a regeneração dos óleos usados para recuperar óleos base, apoiando a prioridade dada nas políticas europeias (Fehrenbach, 2005).

3.6 SÍNTESE E CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 3

As principais conclusões para este capítulo encontram-se resumidas nos seguintes pontos:

- A ACV tem por objecto identificar oportunidades para otimizar o desempenho ambiental de produtos em diversos momentos do seu ciclo de vida; informar decisores políticos, industriais ou organizações não-governamentais; seleccionar indicadores relevantes de desempenho ambiental e ainda marketing (e.g., implementação de *ecolabelling*). No entanto, para tomar uma decisão equilibrada a ACV deve ser complementada com outros critérios de decisão tais como custo e *performance*;
- A metodologia seguida por uma ACV segue quatro etapas principais: Definição dos objectivos e âmbito; análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV); Análise do Impacte do Ciclo de Vida (AICV) e, por fim, a interpretação do ciclo de vida;
- Existem diversos *softwares* de aplicação dos óleos usados, devendo-se fazer uma escolha adequada do programa segundo os objectivos do estudo ou projecto a desenvolver. No caso do projecto ATVOU, foi escolhido o programa *Umberto* devido à versatilidade, fácil utilização e interpretação, e ao número de substâncias ilimitado;
- Os exemplos dos estudos de ACV aplicados aos sistemas de gestão de resíduos demonstram que a ACV é uma boa ferramenta de apoio em tomadas de decisão respeitantes ao planeamento e optimização de um sistema integrado de gestão de resíduos. No entanto, a maioria dos estudos conclui também que é necessário conjugar a metodologia de ACV com outras ferramentas que consideram os efeitos sociais e económicos da gestão dos RSU para possibilitar uma visão holística da situação;
- A semelhança dos estudos de ACV aplicados a resíduos, também nos estudos de ACV aplicados à gestão de óleos usados conclui-se que esta é uma ferramenta com muitas limitações, principalmente em relação ao grau de valorização dos diferentes impactes nos vários campos ambientais. No entanto, apesar das suas limitações, esta metodologia permite avaliar a totalidade dos impactes ambientais de qualquer solução para os RIP, sendo indispensável para a tomada de decisões ambientalmente correctas;
- As conclusões gerais que se retiram dos estudos ACV aplicados a óleos usados são:
 - Qualquer opção de recuperação de óleos usados é mais favorável que a opção de não se proceder a nenhum tipo recuperação de óleos usados;
 - Para praticamente todos os impactes ambientais estudados, a diferença entre as opções de recuperação é determinada mais pelo processo que é evitado que pelo processo de recuperação em si;
 - Considera-se, na maioria dos estudos, que os impactes dos transportes são insignificantes comparados com os impactes dos processos industriais;
 - Não é possível afirmar que uma opção de recuperação dos óleos usados é melhor que outra para todos os impactes ambientais. Cada opção encontra-se associada a pelo menos um benefício ambiental em comparação com as outras opções de recuperação;
 - Quando se comparam cenários de regeneração e de co-incineração, é necessário considerar o combustível de substituição no cenário da co-incineração para indicar qual é opção ambientalmente mais segura (e.g., se o combustível de substituição no caso da queima é o carvão, a regeneração é uma opção ambientalmente menos segura que a co-incineração)

4 ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO E VALORIZAÇÃO DOS ÓLEOS USADOS

Neste capítulo encontram-se descritas as principais tecnologias de recuperação dos óleos usados, tanto a nível europeu como a nível nacional. Assim, numa primeira fase, analisam-se e elaboram-se fluxogramas que explicam os processos mais frequentemente utilizados na Europa. Numa segunda fase, estão descritos os processos das unidades de recuperação dos óleos usados visitadas em Portugal e Espanha (a unidade de regeneração localiza-se em Espanha). Ainda se descreve a metodologia seguida para a obtenção dos dados disponibilizados no decorrer do projecto ATVOU e, apresentam-se igualmente fluxogramas que explicam os processos inerentes a cada unidade.

Os fluxogramas apresentados, constituem um contributo para a aplicação e desenvolvimento de futuras ACV realizadas no sector dos óleos usados. Estão contempladas todas as entradas e saídas de matéria, energia, resíduos e emissões dos processos desde a aquisição dos óleos usados dos produtores (berço) até à utilização final destes resíduos valorizados (túmulo). As fronteiras temporais destes fluxogramas estão definidas para o ano de 2006, data de realização do estudo encomendado pelo Comissão Europeia (EC, 2006), no caso de estudo europeu. No caso de estudo português as fronteiras temporais estão definidas para o ano de 2007, data da realização do projecto ATVOU.

4.1 CASO DE ESTUDO EUROPEU

4.1.1 Aspectos Gerais

Nesta secção são descritas as principais tecnologias utilizadas na Europa, seguindo as tecnologias analisadas no relatório encomendado pela Comissão Europeia – *Critical review of existing studies and life cycle analysis on the regeneration and incineration of waste oils* (Monier e Labouze, 2001) – e o documento da Comissão Europeia – *Reference document on the best available Techniques for the waste treatments Industries* (EC, 2006).

Nestes documentos considera-se que existem duas opções para o tratamento de óleos lubrificantes usados. Um dos tipos de tratamentos consiste em reconverter o óleo usado num material que pode ser usado como óleo base para produzir óleos lubrificantes, processo a que se dá o nome de refinação ou regeneração. A segunda opção consiste em tratar os óleos usados de forma a produzir-se um material que, posteriormente, pode ser usado tanto como combustível como para outros fins (e.g., absorvente, óleo descofrante, etc.). Este tipo de tratamentos inclui, por exemplo, a limpeza de óleos usados, o fraccionamento térmico e a gaseificação. A **Figura 4-1** descreve os processos de tratamento de óleos usados mais utilizados na Europa (EC, 2006).

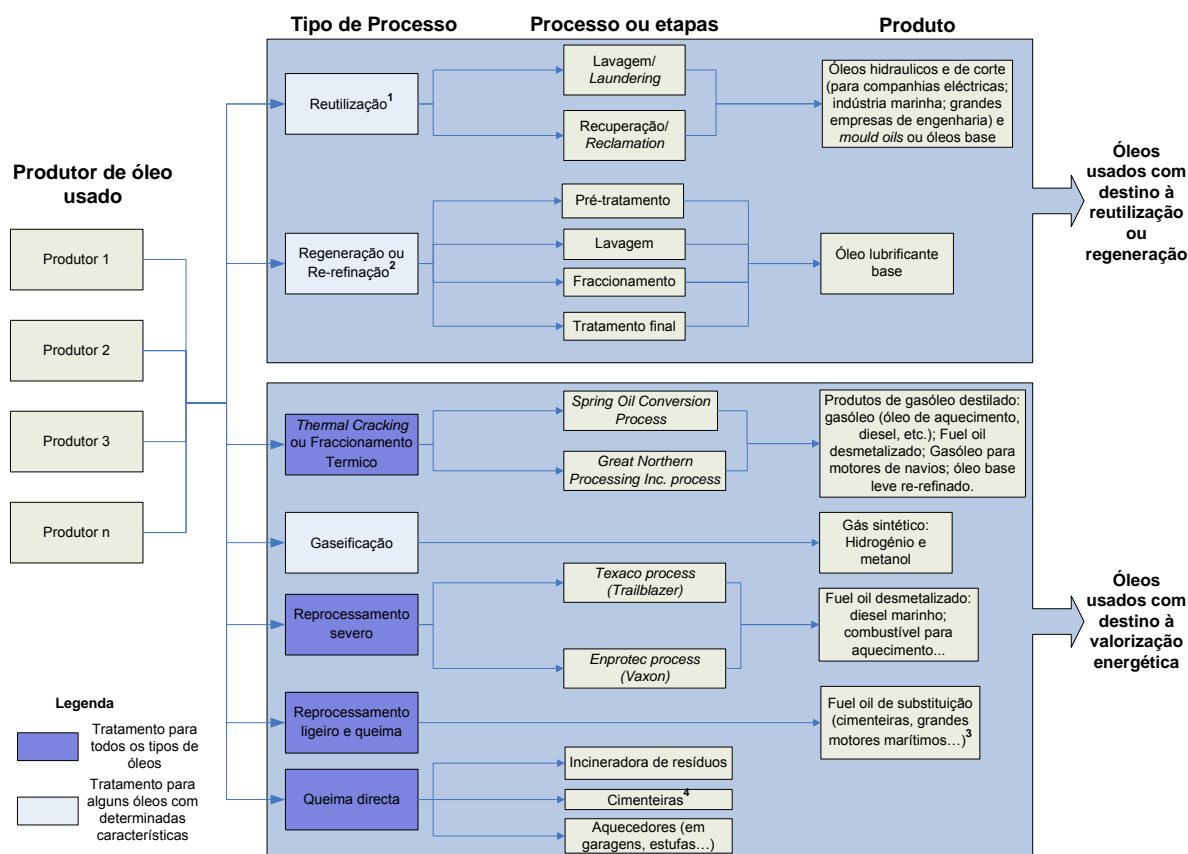


Figura 4-1 – Processos de tratamento de óleos usados (Adaptado de: EC, 2006).

Nota: ¹ – Especialmente óleos hidráulicos ou óleos de corte

² – Óleos para motor sem cloro + óleos hidráulicos sem cloro + óleos minerais hidráulicos + óleos minerais diatérmicos (de acordo com a classificação da API)

³ – Óleo tratado que ainda contém metais pesados, halogénio e enxofre contido no óleo usado.

⁴ – Substitui outros combustíveis líquidos secundários ou combustível pesado ou carvão ou coque de petróleo

4.1.2 Descrição das tecnologias de valorização usadas na Europa

4.1.2.1 Processos de tratamento dos óleos usados com destino à reutilização ou à regeneração

Para reutilizar um óleo usado e transformá-lo num óleo base apropriado para produção de óleo lubrificante, é necessário proceder à limpeza ou regeneração do mesmo. Estes processos envolvem a remoção de impurezas, defeitos e/ou restos de produtos provenientes da sua anterior utilização. Geralmente, este processo remove todas as impurezas e aditivos, restando apenas o óleo base. Posteriormente, os produtores de lubrificantes adicionam substâncias a esta base de forma a obter um produto com as especificações necessárias de um óleo lubrificante virgem.

A **Figura 4-2** apresenta os processos principais usados em instalações de recuperação de óleos usados. Estão retratadas várias operações unitárias, que não são aplicadas em todas as instalações de tratamento de óleos. Na prática, a maioria das instalações utiliza apenas alguns dos processos ilustrados na figura e, geralmente, existem dois fluxos paralelos ou mais para cada processo (EC, 2006).

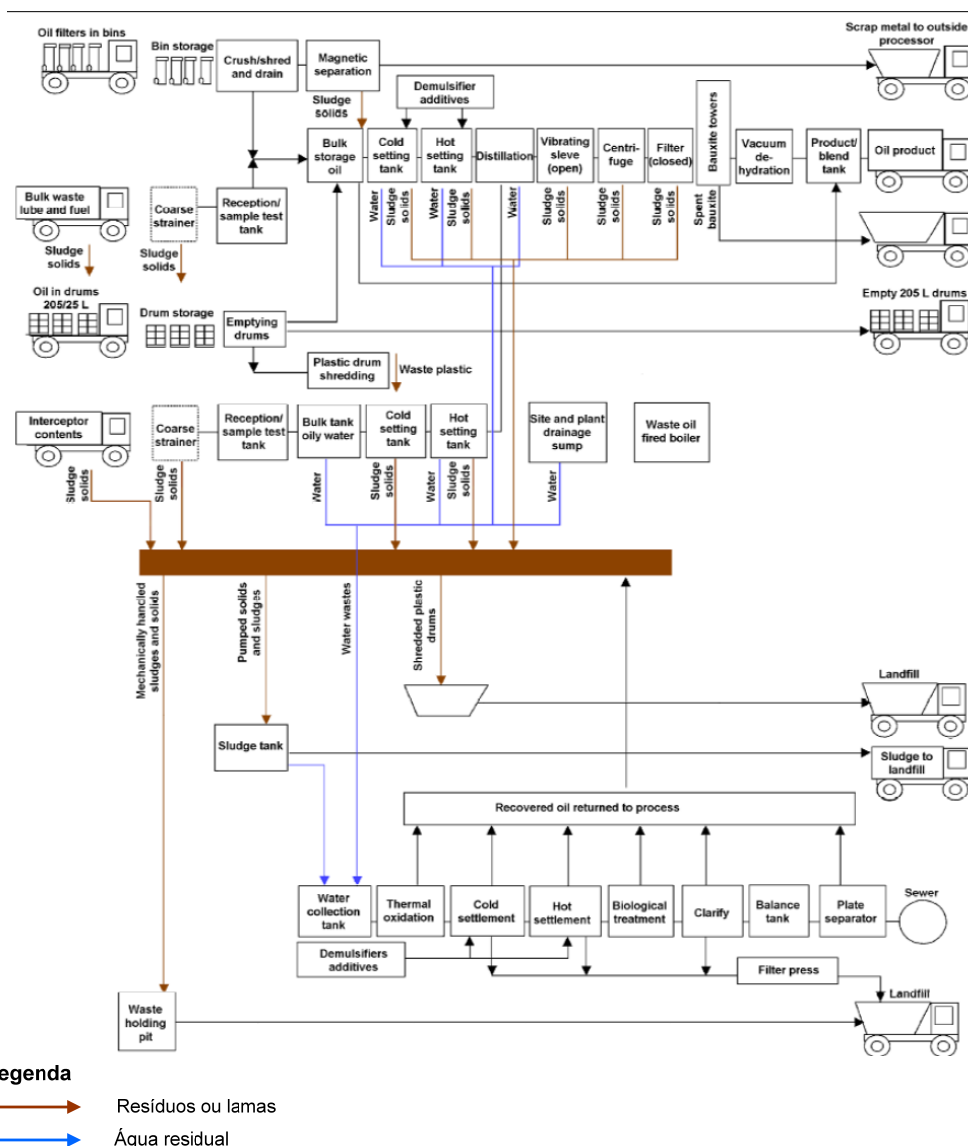


Figura 4-2 – Fluxograma genérico do tratamento do óleo usado (EC, 2006).

4.1.2.1.1 Reutilização

Existem dois métodos de recuperar óleos lubrificantes antes de os devolver aos consumidores:

- **Limpeza:** É um sistema de ciclo fechado, visto que gera, apenas algumas vezes, pequenas quantidades de óleo usado. É um método especialmente feito para tratamento de óleos hidráulicos e de corte usados. Remoção de sólidos por filtração, remoção de água e adição de aditivos permitem que o óleo regresse ao seu estado original, pronto para uma nova utilização.
- **Recuperação:** É um processo de reciclagem especialmente para óleos hidráulicos usados. Estes óleos são apenas centrifugados e/ou filtrados e posteriormente são usados, por exemplo, como óleo descofrante ou óleo base para produção de óleo para serras eléctricas (Monier e Labouze, 2001).

Na **Figura 4-3** estão descritas as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos de ambos os processos de reutilização. Estão contemplados todos os processos desde a aquisição do óleo usado dos seus produtores ou de uma unidade de pré-tratamento (dependendo de cada caso, os óleos usados poderão ser sujeitos a um processo de pré-tratamento em outras instalações) até ao transporte dos produtos e co-produtos aos destinos finais. Inclui-se, ainda, nas fronteiras do sistema o tratamento dado aos sedimentos ou lamas. A construção deste fluxograma baseou-se na informação bibliográfica disponível no documento de Monier e Labouze (2001), complementando esta com a informação recolhida ao longo das visitas realizadas ao longo do projecto ATVOU.

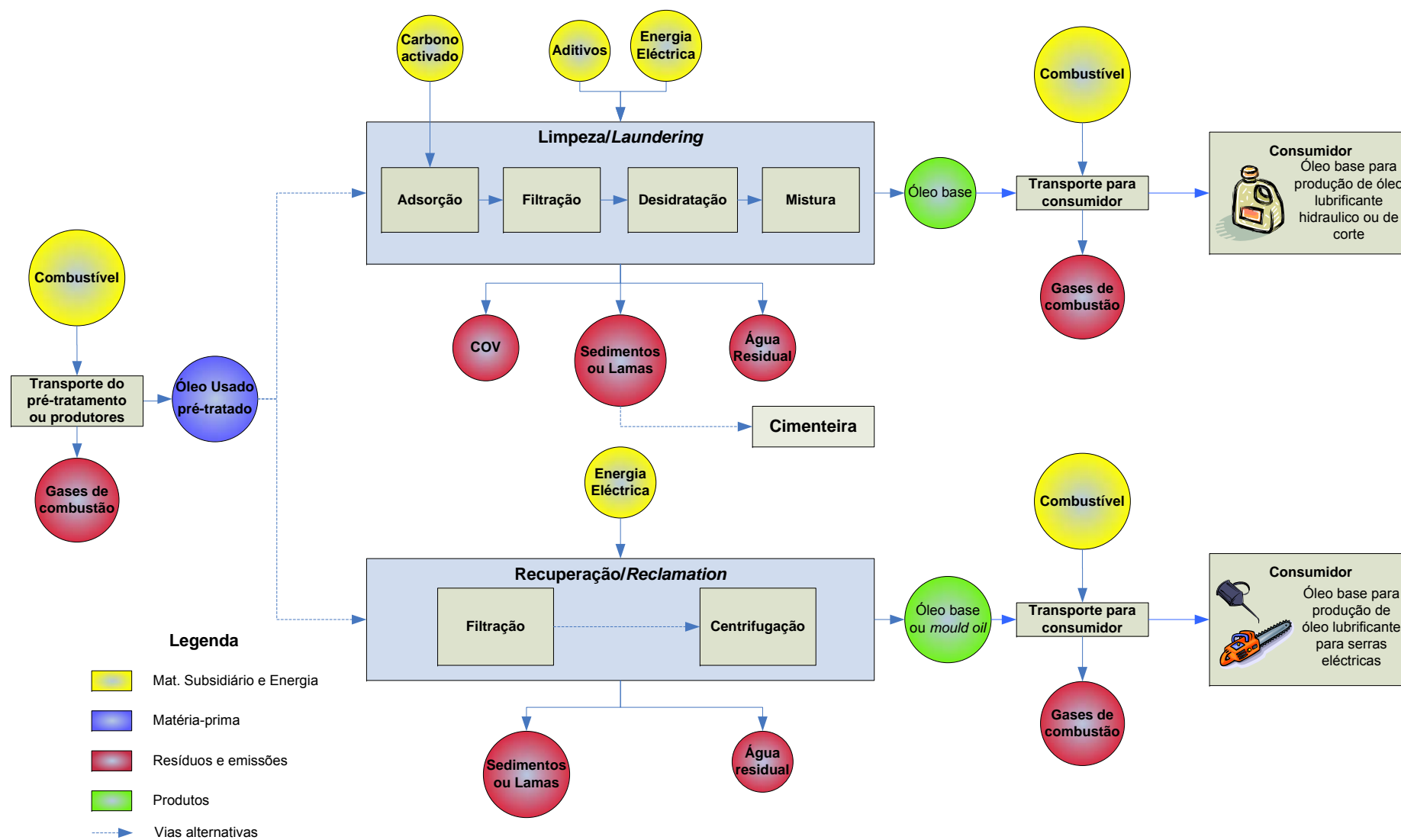


Figura 4-3 – Fluxograma dos processos de reutilização

4.1.2.1.2 Regeneração

Os tratamentos de regeneração podem diferir, dependendo da tecnologia usada nas operações de fraccionamento e tratamento final. Porém, de seguida apresentam-se as quatro etapas que são comuns à maioria dos processos.

Pré-tratamento do óleo usado

Este processo de pré-tratamento não é comparado a outros sistemas de tratamento de óleo usado visto que não se obtém um produto final, mas sim um produto intermediário para atingir o objectivo final de tratamento. São então removidos a água e os sedimentos do óleo usado através de um simples tratamento físico-mecânico. As principais técnicas usadas neste caso são: sedimentação, filtração e centrifugação ou destilação.

Assim, o óleo usado recebido na instalação de tratamento é encaminhado para tanques onde permanece até se formarem três camadas: a camada superior de óleo, a camada de água e a camada inferior de lamas. Por vezes, utiliza-se uma fonte de calor, neste processo para reduzir a viscosidade do óleo.

A sedimentação é utilizada, nestes casos, para remover água e lamas provenientes do óleo usado e nos sistemas de tratamento de efluentes para remover óleo e sólidos do efluente. Geralmente, a sedimentação ocorre por acção da força gravítica em tanques de decantação ou clarificadores, porém também se pode usar centrifugadoras ou destiladores.

A filtração, que é um processo de separação entre um sólido e um líquido ou fluido que está suspenso, pela passagem do líquido ou fluido através de um meio poroso capaz de reter as partículas sólidas. No caso dos óleos usados, é pela filtração através de um meio poroso como um filtro, peneira ou coador.

A centrifugação é um processo em que a força centrífuga relativa gerada pela rotação da amostra é usada para separar líquidos imiscíveis de diferentes densidades e para sedimentar sólidos em líquidos.

A destilação é o modo de separação baseado no fenómeno de equilíbrio líquido-vapor de misturas. É um método de purificação de uma mistura líquida formada por duas ou mais substâncias com volatilidades diferentes entre si. No caso dos óleos usados, este método pode ser utilizado, no pré-tratamento, para remover a água (EC, 2006).

Limpeza de óleos usados

Este processo inclui a remoção de asfalto e ainda de resíduos asfálticos: metais pesados, polímeros, aditivos e outros compostos de degradação e oxidação, através de três processos alternativos:

- Destilação
- Limpeza com ácido – Os resíduos asfálticos são removidos por contacto com ácido sulfúrico ou é precipitado para formar sulfatos (e.g., metais);
- Limpeza com argila – o óleo clarificado é misturado com argila que remove, por adsorção, qualquer composto polar ou indesejável ainda presente.

Fraccionamento de óleos usados

Nesta etapa realiza-se um processo de separação física dos óleos bases utilizando as diferentes temperaturas de ebulição das componentes dos mesmos, para produzir duas ou três fracções de destilação. São utilizadas unidades de destilação em vácuo que variam desde colunas de separação simples a colunas de destilação fraccionada, tais como as que são utilizadas em refinarias de óleo mineral.

Tratamento final dos óleos usados

Nesta etapa procede-se à última limpeza das diferentes fracções produzidas durante a etapa de fraccionamento, de forma a obter-se um produto com determinadas especificações (e.g., melhorar a cor, cheiro, estabilidade térmica e de oxidação, viscosidade, etc.). Esta etapa pode também incluir a remoção de HAPs no caso em que se procede ao *hidrofinishing* severo ou extracção por solvente (baixas temperaturas e pressão).

Desta forma existem cinco técnicas alternativas para esta etapa:

- Tratamento alcalino – É utilizado KOH (hidróxido de potássio) e NaOH (hidróxido de sódio) para melhorar as propriedades da cor;
- Tratamento com terra descorante – É um tratamento terciário para remover a coloração negra do óleo para que possa ser comparada visualmente ao óleo base virgem;
- Polimento de argila – Processo semelhante ao do ácido/argila mas não é usado ácido neste processo. É utilizado bentonite como argila. A argila é separada do óleo utilizando um filtro. Geralmente, o polimento com argila não produz um óleo base de qualidade tão elevada como o obtido após hidrotratamento e extracção por solvente;
- Hidrotratamento – É removido cloro e enxofre do óleo usado através de altas temperaturas, numa atmosfera de hidrogénio e em contacto com catalisadores, sendo convertidos em HCl (cloreto de hidrogénio) e H₂S (ácido sulfídrico, que posteriormente pode ser convertido em enxofre). Fósforo, chumbo e zinco são igualmente removidos através deste processo. A qualidade do destilado é muito elevada e as fracções de petróleo são imediatamente comercializáveis;
- Extracção por solvente – São removidos os HAPs dos óleos base através da sua extracção para um solvente. Esta técnica melhora igualmente o índice de cor e de viscosidade. O óleo base usado como entrada neste processo deve ser de boa qualidade. Deste processo resulta um óleo base de elevada qualidade, o solvente usado (que é regenerado) e um pequeno fluxo de óleo base com elevadas concentrações de HAPs que é usado como combustível (EC, 2006).

Neste trabalho não se elaborou nenhum fluxograma para o caso de regeneração devido à multiplicidade de tecnologias existentes para esta opção de valorização, tornando-se demasiado extenso para abordar no presente trabalho. No entanto, em anexo (Anexo A), apresenta-se uma tabela retirada do documento *Reference document on the best available Techniques for the waste treatments Industries* (EC, 2006), em que se encontram descritas as várias tecnologias de regeneração mais frequentes na Europa.

4.1.2.2 Processos de tratamento dos óleos usados com destino à valorização energética

Os óleos usados são úteis, devido ao seu poder calorífico e económico, principalmente quando usados como um combustível de substituição, particularmente para carvão, diesel e óleo combustível leve. Existem várias instalações de queima, que se diferenciam em parte pelas temperaturas a que efectuem as queimas, e em parte pela tecnologia de controlo que utilizam para reduzir efeitos ambientais nefastos. Pode ser necessário realizar vários tratamentos de limpeza ou de transformação antes de utilizar o óleo usado como combustível.

4.1.2.2.1 Fraccionamento térmico (*thermal cracking*)

O fraccionamento térmico ou *thermal cracking* utiliza calor para quebrar longas cadeias de hidrocarbonetos, tais como os que se encontram nos óleos usados, de forma a criar cadeias de tamanho mais reduzido e, conseqüentemente, combustíveis líquidos mais leves. Assim, grandes moléculas de hidrocarbonetos viscosos e pouco valiosos são convertidas em combustíveis líquidos mais valiosos e menos viscosos, podendo este produto variar desde combustível pesado desmetalizado a óleo lubrificante industrial leve, incluindo produtos de gasóleo e outros produtos para outros fins.

Neste processo, toda a água presente é evaporada, visto que ocorre a altas temperaturas. Após a remoção da água e antes da etapa de fraccionamento, a maioria dos metais pesados é removido nas lamas ou através de tratamentos com ácido. O óleo pré-tratado é, então, termicamente fraccionado a

420°C e a baixas pressões (sem a presença de catalisadores). Posteriormente, produz-se um combustível (gasóleo) comercializável por destilação e estabilização.

Existem vários processos utilizados hoje em dia:

- *The Spring Oil Conversion Process* – Processos SOC
 - SOC1: À primeira etapa de desidratação segue a etapa de fraccionamento térmico, realizado em tambores de secagem ou caldeiras aquecidas. É um processo apropriado para instalações de pequena dimensão, tendo uma capacidade de alimentação limitada.
 - SOC2: À primeira etapa de desidratação segue a etapa de fraccionamento térmico, realizado em fornos rotativos. É um processo para instalações de grande capacidade e pode também processar óleos mais resistentes e resíduos de carbono.
- *Great Northern Processing Inc. Process* – Processo GNP – É um processo relativamente recente que está ao nível das refinarias em termos de equipamento e sistemas. Consiste de duas etapas iniciais: filtração e outra de desidratação seguido de uma etapa de fraccionamento térmico; posteriormente sofre um processo de separação ou destilação e por fim uma etapa de purificação e estabilização. É um processo flexível visto que as condições operacionais podem ser manipuladas para manter a qualidade da saída do produto mesmo que a alimentação seja de qualidade variada, assim como, para maximizar a produção de um *output* primário enquanto é minimizado um fluxo secundário de *output*. É devido a esta flexibilidade que o fraccionamento térmico apresenta uma grande adaptabilidade às flutuações de valor dos produtos no mercado (EC, 2006).

A **Figura 4-4** descreve as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos do processo de *Thermal Cracking*. Estão contemplados todos os processos desde a aquisição do óleo usado dos seus produtores ou de uma unidade de pré-tratamento (dependendo de cada caso, os óleos usados poderão ser sujeitos a um processo de pré-tratamento antes de ser sujeitos a este processo de fraccionamento térmico) até ao transporte dos produtos e co-produtos aos destinos finais. A construção deste fluxograma baseou-se na informação bibliográfica disponível no documento de *Reference document on the best available Techniques for the waste treatments Industries* (EC, 2006), complementando esta com a informação recolhida ao longo das visitas realizadas no âmbito do projecto ATVOU.

É ainda importante notar que as condições dos processos de fraccionamento térmico podem ser alteradas de modo a diferir a intensidade do “*cracking*” para cada caso, formando, assim, produtos diferentes. Em estudos futuros relativos a este processo, será necessário proceder à alocação dos vários co-produtos originados.

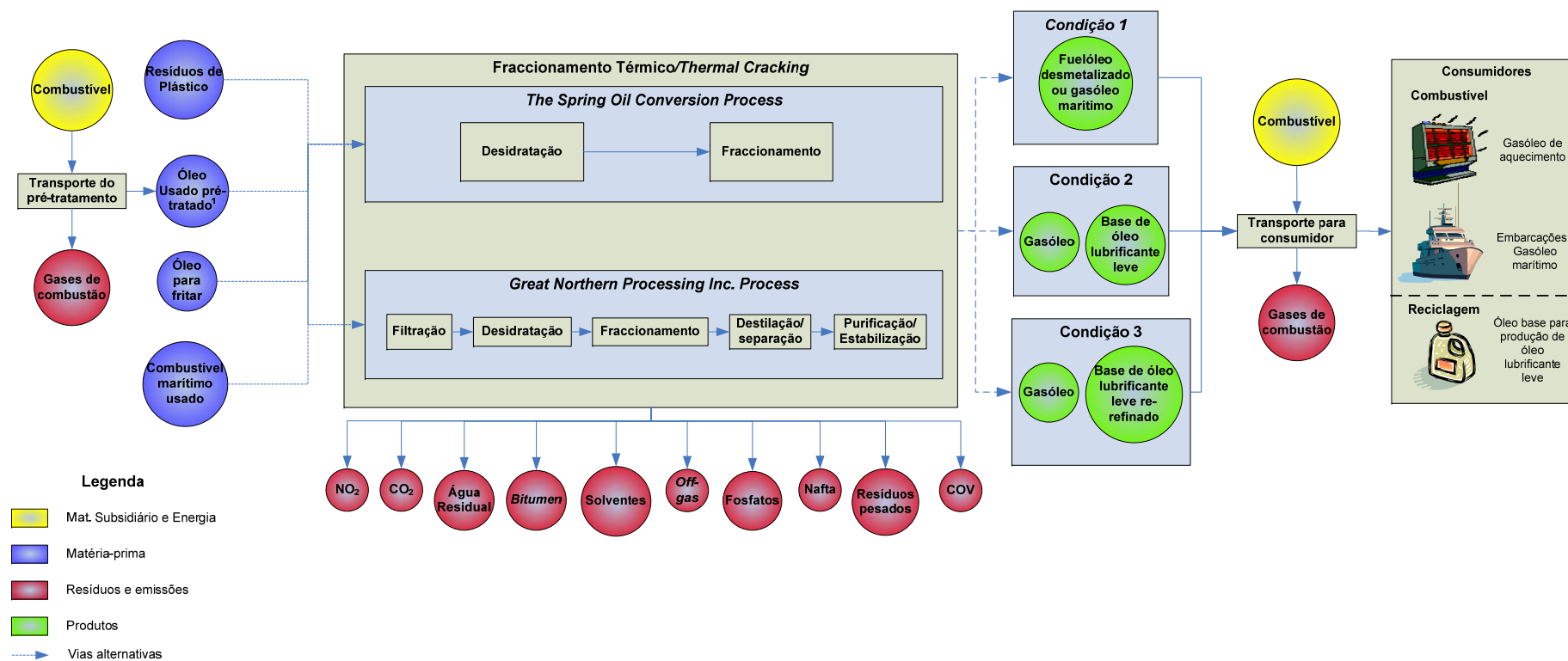


Figura 4-4 – Fluxograma dos processos de fracionamento térmico (*Thermal cracking*)

4.1.2.2.2 Gaseificação

O processo de gaseificação desenvolvido pela Texaco desde 1994 é um processo de tratamento de resíduos perigosos mundialmente usado em mais de 100 plantas (Monier e Labouze, 2001).

Através deste processo é possível tratar materiais de resíduos perigosos que contêm tanto compostos orgânicos como metais pesados. Os compostos orgânicos são convertidos em gás sintético (syngas), que pode ser usado como combustível ou como intermediário químico, composto principalmente por hidrogénio e monóxido de carbono. A maior parte dos metais pesados é misturada juntamente com a matéria mineral residual transformando-se em escória de vidro.

Os resíduos são colocados num reactor com baixos teores de oxigénio (oxidação parcial), a temperaturas que variam entre 1205 °C e 1455 °C e a pressões acima de 15 bar. De acordo com a Texaco, estas condições severas destroem os hidrocarbonetos e os compostos orgânicos presentes na matriz residual e evitam igualmente a formação de co-produtos orgânicos indesejáveis associada ao processo de conversão de outros combustíveis fósseis. O *syngas* produzido neste processo pode ser usado como reagente para sínteses químicas ou como combustível limpo para produção de energia eléctrica quando incinerado numa turbina de gás. Não se produzem contaminantes orgânicos, além do metano e a eficiência de remoção e de destruição é superior a 99,99% (EPA, 1995).

A **Figura 4-5** descreve as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos do processo de gaseificação. Estão contemplados todos os processos desde a aquisição do óleo usado dos seus produtores ou de uma unidade de pré-tratamento (dependendo de cada caso, os óleos usados poderão ser sujeitos a um processo de pré-tratamento antes do processo de gaseificação) até ao transporte dos produtos e co-produtos aos destinos finais. Estão incluídos, nas fronteiras do sistema ainda o tratamento dado a alguns dos resíduos e emissões produzidas.

A construção deste fluxograma baseou-se na informação bibliográfica disponível no documento de *Reference document on the best available Techniques for the waste treatments Industries* (EC, 2006), assim como no artigo “*Texaco – Gaseification Process*” (EPA, 1995) que aprofunda o tema.

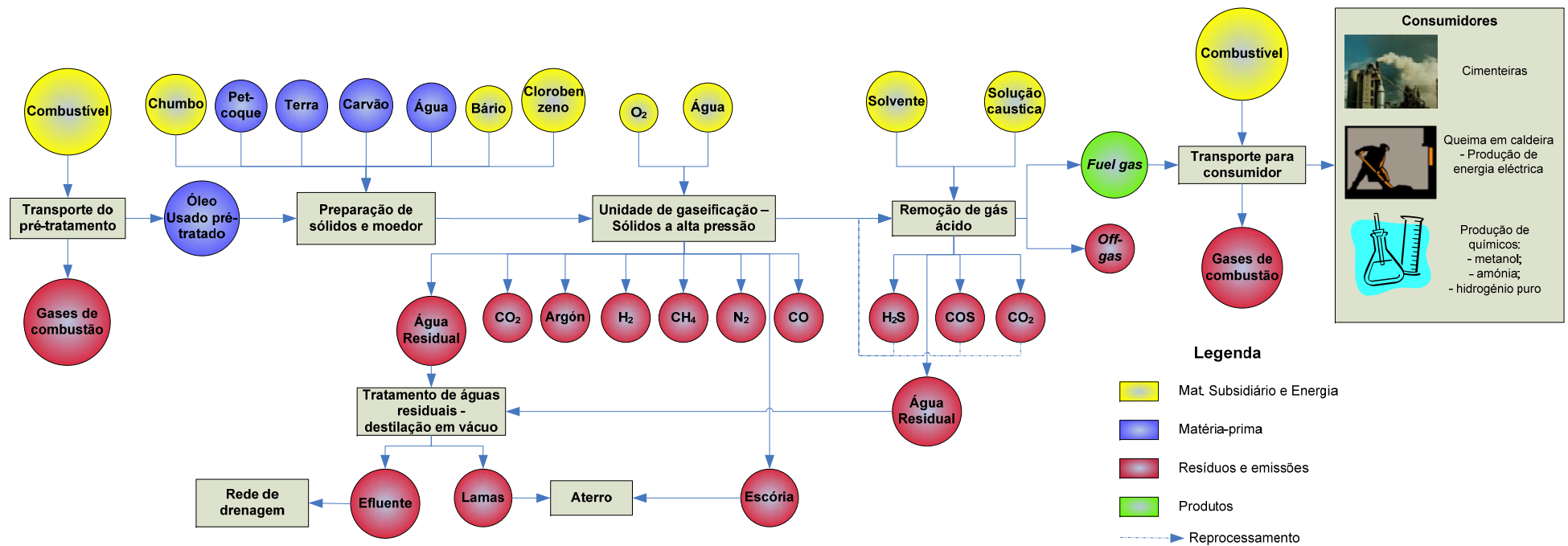


Figura 4-5 – Fluxograma do processo de gaseificação

4.1.2.2.3 Reprocessamento rigoroso

Este processo de queima após reprocessamento rigoroso tem como objectivo separar a fracção de óleo usado da fracção de fundo menos desejável que contem metais, cinza não-combustível, areia e brita. O reprocessamento rigoroso transforma os óleos usados em combustíveis que podem ser queimados em condições semelhantes as de outros óleos combustíveis.

Esta técnica utiliza colunas *flash* e colunas de destilação (em vácuo) para produzir um combustível mais limpo e apropriado para ser usado. Existem tratamentos químicos (ácido/argila, extracção por solvente, extracção com propano, etc., sem etapa de tratamento final) assim como tratamentos térmicos (processo *Trailblazer*, processo *Vaxon*, etc.). De seguida, apresentam-se os processos disponíveis no mercado actualmente:

- Processo *Vaxon* – Processo que consiste de uma série de evaporadores de ciclone em vácuo, seguido de um tratamento químico do destilado obtido. O processo consiste das seguintes etapas:
 - A primeira etapa consiste na remoção de água e nafta;
 - Na segunda etapa é removido o gasóleo, óleos *spindle* (óleos com baixa viscosidade utilizados em máquinas) ou óleo combustível leve da massa de óleo usado;
 - A terceira e quarta etapa separam diferentes fracções de destilação (em que todos os metais, aditivos, sedimentos, hidrocarbonetos pesados e compostos de degradação estão concentrados).

As fracções destiladas resultantes no final do processo têm então boa qualidade para serem utilizados como combustíveis industriais.

- Processo *Trailblazer* – O óleo usado, neste processo é desidratado através de uma fonte de calor e posteriormente sofre uma destilação em vácuo para produzir três fluxos de saída. É possível produzir 80% de óleo destilado sem cinza através deste processo.
- Processo de *de-asphalting* com propano (PDA) – Neste caso, o óleo é misturado com propano líquido a alta pressão e temperatura ambiente na unidade de *de-asphalting*, para separar a fracção residual asfáltica. As componentes insolúveis em propano (a fracção asfáltica que contem carbono, aditivos metálicos, resinas, aditivos, polímeros, compostos de degradação e asfalto) precipitam e podem ser removidas por sedimentação (EC, 2006).

As **Figuras 4-6, 4-7 e 4-8** descrevem os três processos de reprocessamento rigoroso referidos. Estão descritas as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos do processo de reprocessamento rigoroso. Estão contemplados todos os processos desde a aquisição do óleo usado dos seus produtores ou de uma unidade de pré-tratamento (dependendo de cada caso, os óleos usados poderão ser sujeitos a um processo de pré-tratamento antes de serem sujeitos a este processo de reprocessamento rigoroso) até ao transporte dos produtos e co-produtos aos destinos finais. A construção deste fluxograma baseou-se na informação bibliográfica disponível no documento de *Reference document on the best available Techniques for the waste treatments Industries* (EC, 2006), complementando esta com a informação recolhida ao longo das visitas realizadas no âmbito do projecto ATVOU.

É ainda importante notar que em estudos futuros relativos a este processo, será necessário proceder à alocação dos vários co-produtos originados em cada subprocesso do reprocessamento rigoroso.

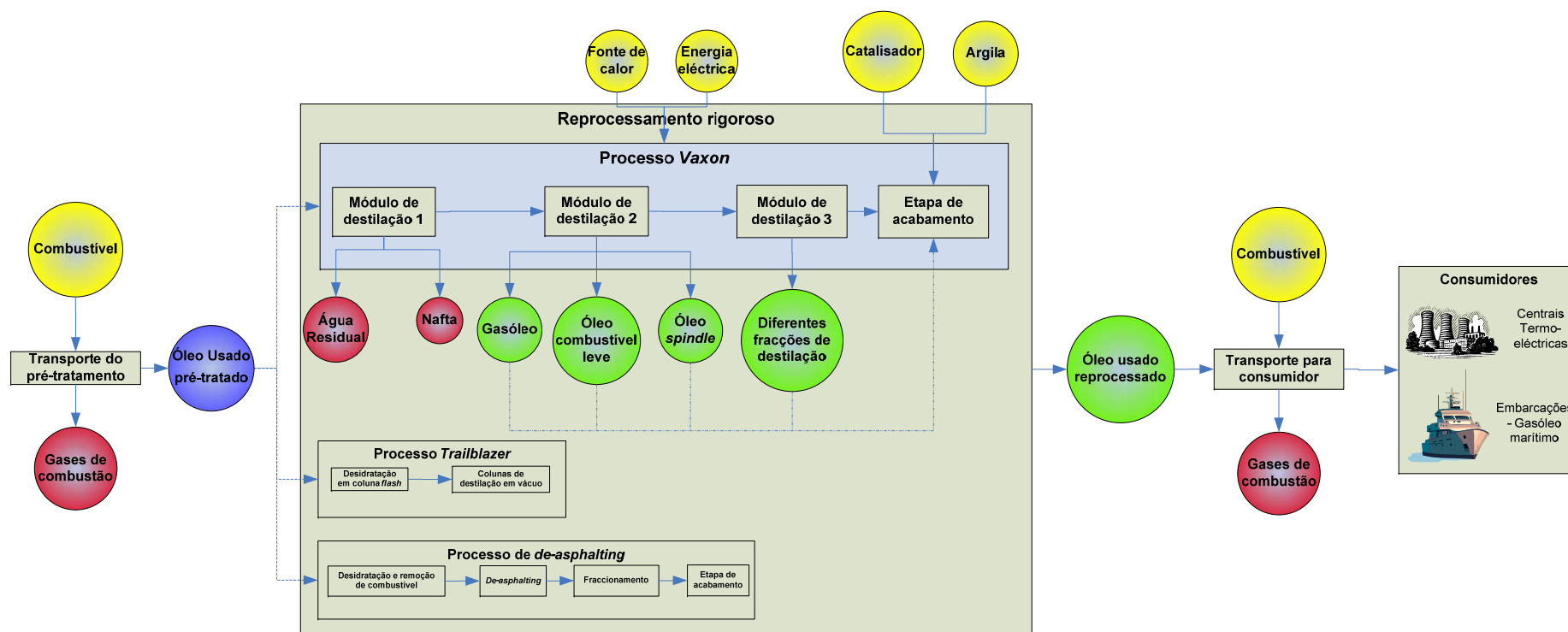


Figura 4-6 – Fluxograma dos diversos processos de reprocessamento rigoroso: Processo Vaxon

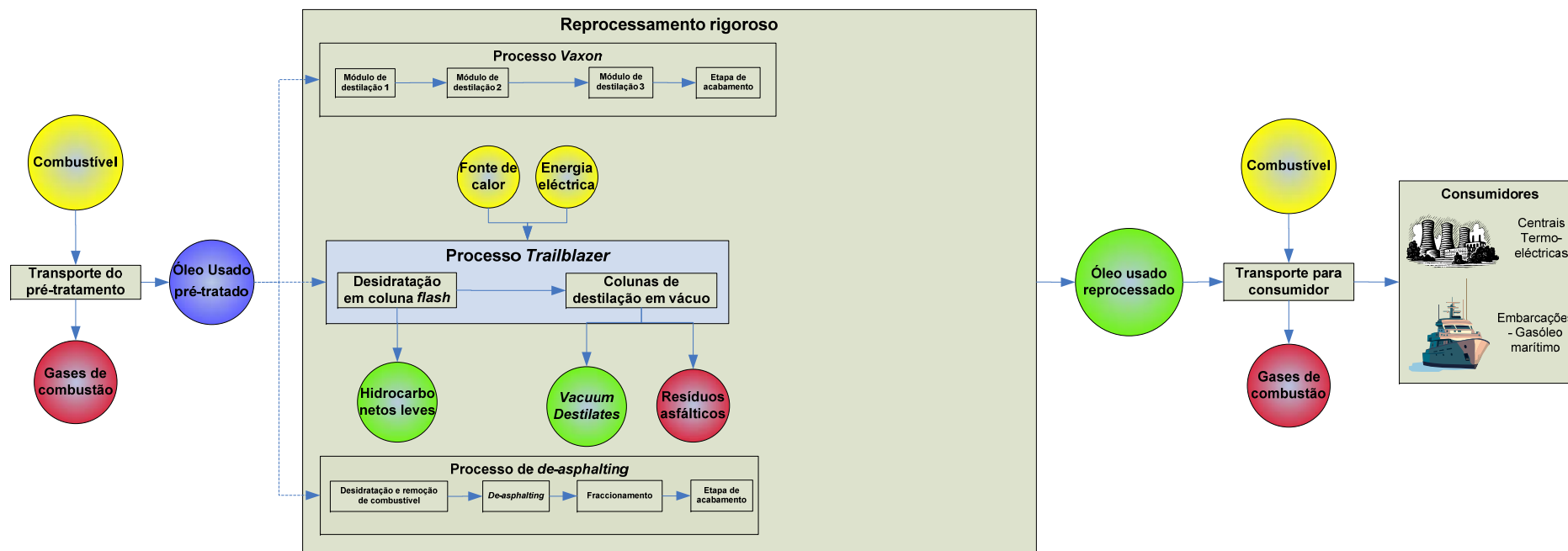


Figura 4-7- Fluxograma dos diversos processos de reprocessamento rigoroso: Processo *Trailblazer*

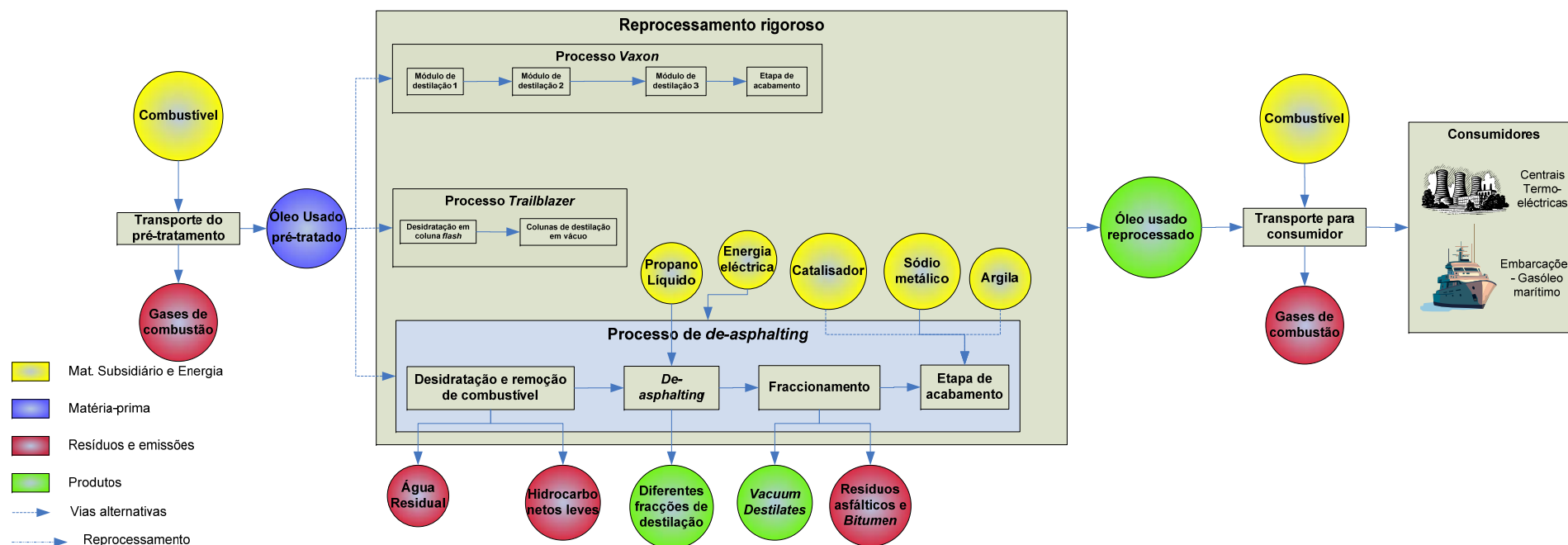


Figura 4-8- Fluxograma dos diversos processos de reprocessamento rigoroso: Processo *de-asphalting*

4.1.2.2.4 Reprocessamento ligeiro

Esta técnica é aplicada para limpar os óleos usados e otimizar as propriedades físicas, para que possam ser utilizados como combustível.

O tratamento consiste de uma primeira etapa de sedimentação de sólidos e água, com a ajuda de calor (70/80°C) e um agente desmulsificador. O óleo usado clarificado pode ainda ser decantado e pode passar por uma série de filtros. A água residual e os sedimentos, resultante do processo, são tratados.

Existem também outros processos de reprocessamento ligeiro que envolvem outras etapas como por exemplo o da desmineralização química. Neste caso, o óleo sofre um tratamento para limpá-lo de contaminantes químicos e aditivos. O processo químico depende da precipitação de sais, tais como, os fosfatos, oxalatos e sulfatos. O combustível residual é apropriado para queima e produz menos poluentes do ar devido ao processo de pré-tratamento. A água é removida através de calor e de um agente desmulsificador e o precipitado é removido por sedimentação e filtração. Nesta etapa é gerado um concentrado de resíduos perigosos.

A centrifugação e a filtração por membrana podem ser incluídas como etapas no processo de reprocessamento ligeiro. A filtração por membrana produz um óleo reciclado de elevada qualidade, um concentrado de óleo residual e água residual (EC, 2006).

A **Figura 4-9** descreve o processo do reprocessamento ligeiro. Estão descritas as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos do processo de reprocessamento ligeiro. Estão contemplados todos os processos desde a aquisição do óleo usado dos seus produtores ou de uma unidade de pré-tratamento (dependendo de cada caso, os óleos usados poderão ser sujeitos a um processo de pré-tratamento antes de ser sujeitos a este processo de reprocessamento ligeiro) até ao transporte dos produtos e co-produtos aos destinos finais. Está igualmente incluído o tratamento dado às águas residuais provenientes do processo.

A construção deste fluxograma baseou-se na informação bibliográfica disponível no documento de *Reference document on the best available Techniques for the waste treatments Industries* (EC, 2006), complementando esta com a informação recolhida ao longo das visitas realizadas no âmbito do projecto ATVOU.

É ainda importante notar que em estudos futuros relativos a este processo, será necessário proceder à alocação dos vários co-produtos originados em cada subprocesso do reprocessamento ligeiro.

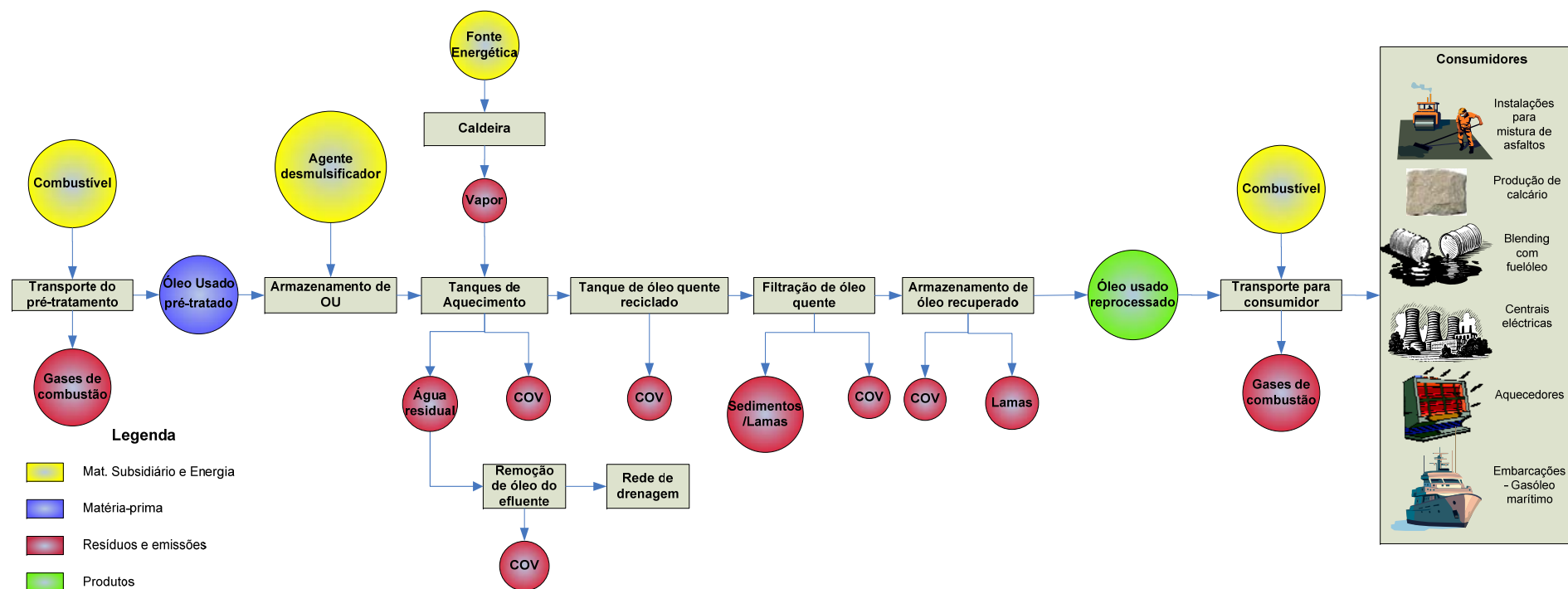


Figura 4-9 – Fluxograma do processo de reprocessamento ligeiro

4.1.2.3 *Queima directa*

A queima de óleos usados sem qualquer tratamento é uma opção de tratamento/eliminação, utilizado ao largo da Europa, variando em popularidade dependendo das circunstâncias económicas e legislativas de cada país. Existem quatro sectores identificados onde os óleos usados são queimados directamente: fornos de cimento; incineradoras de resíduos; como combustível/agente redutor em altos-fornos e em grandes instalações de combustão.

4.2 CASO DE ESTUDO PORTUGUÊS

4.2.1 Aspectos Gerais

Nesta secção é primeiramente descrita a metodologia de recolha dos dados durante o projecto ATVOU. Numa segunda fase são descritas as tecnologias de tratamento e valorização dos óleos usados em Portugal e apresentam-se os fluxogramas descritivos dos processos. Por fim, apresentam-se os dados que foram fornecidos no âmbito do projecto ATVOU.

Em Portugal o óleo tratado resultante do processo de pré-tratamento a que são sujeitos os óleos usados recolhidos no SIGOU é posteriormente encaminhado para os destinos finais. A **Figura 4-10** sintetiza as vias de encaminhamento dos óleos lubrificantes usados em Portugal. Na figura é ainda possível identificar as instalações que foram visitadas no âmbito do projecto ATVOU.

As tipologias dos processos de tratamento das empresas Maxit e a Enviroil, são consideradas diferentes das que constam no Relatório de Actividades da SOGILUB de 2007. Assim, segundo esta entidade gestora, a Maxit é uma empresa considerada apenas de valorização energética, visto que queima óleos usados nas suas instalações. Contudo, esta empresa incorpora, também, os óleos usados como agente expensor na produção de argila expandida, sendo, por isso, considerada como uma empresa de reciclagem, neste estudo. A Enviroil, é uma empresa considerada, pela SOGILUB, como uma unidade de reciclagem, visto que, produz um produto similar ao gasóleo. No entanto, esta empresa utiliza também parte deste produto para produção de electricidade, sendo, por isso, considerada como uma unidade de valorização energética, neste estudo.

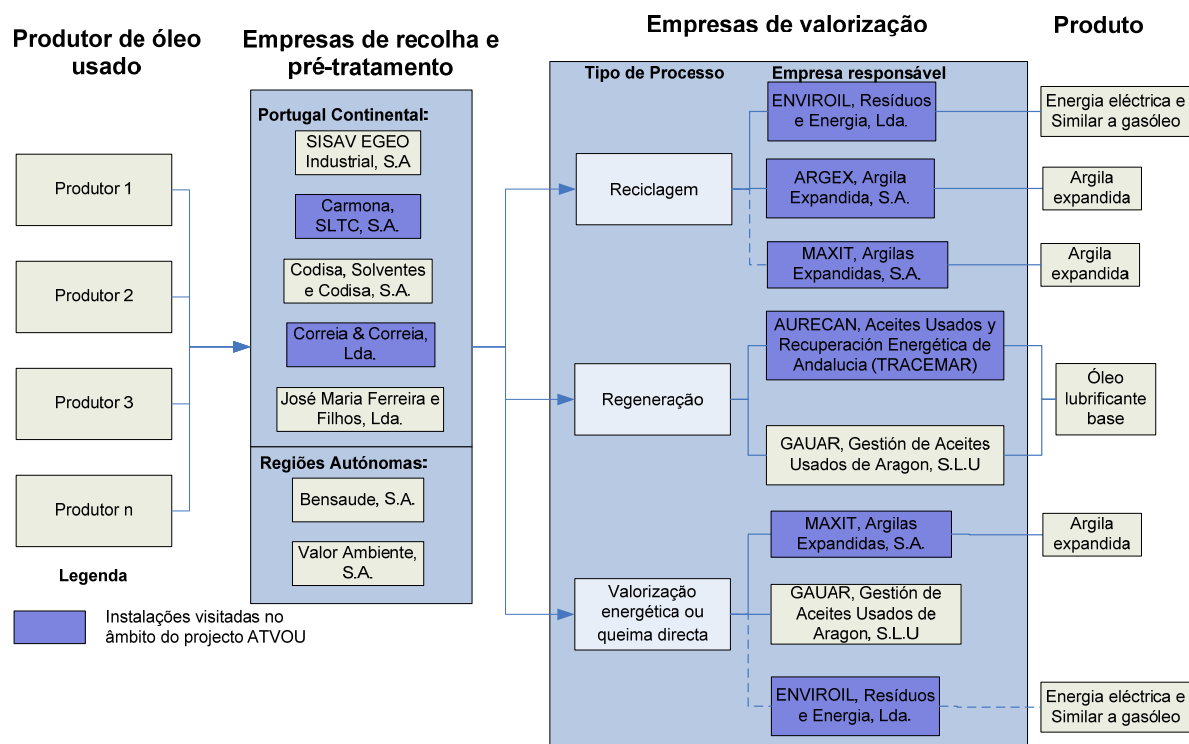


Figura 4-10 – Tecnologias de pré-tratamento e de valorização e respectivas empresas responsáveis em Portugal

A **Tabela 4-1** sintetiza as quantidades de óleos tratados enviadas para cada destino final em 2007 e a sua representatividade no total de destinos.

Tabela 4-1 – Encaminhamento de óleos tratados para destino final no SIGOU em 2007 (SOGILUB, 2007)

Empresa	Quantidade de óleos tratados (t)	Percentagem de óleos tratados (%)
Regeneração	9 647	32,5%
Reciclagem	16 559	55,7%
Valorização energética	3 031	10,2%
Stock	489	1,6%
Total	29 726	100,0%

Verifica-se que no caso de Portugal existe, pelo menos, um tipo de tecnologia representativo dos possíveis tratamentos dos óleos usados a nível europeu, segundo os documentos analisados (reciclagem, regeneração e valorização energética). Assim, as tecnologias que fizeram parte do SIGOU em 2007 foram o reprocessamento rigoroso com produção de electricidade, a regeneração (que ocorre em Espanha) e a valorização energética em unidades de produção de argila expandida. O pré-tratamento considerado no âmbito do SIGOU, é considerado como processamento médio, em que o produto é um combustível ainda com algum grau de contaminação por metais pesados. Existe ainda um processo, menos frequente na realidade europeia, que é a reciclagem de óleos usados através da sua incorporação como agente expansor na produção de argila expandida.

A valorização energética, levada a cabo pela empresa Maxit até à data do estudo, deixou de ocorrer, segundo o Relatório de Actividades de 2008. No entanto, as fronteiras temporais, isto é, os fluxos de referência dos fluxogramas, encontram-se definidas para o ano de 2007, ano de realização do projecto ATVOU.

4.2.2 Metodologia de recolha de dados de base

O presente trabalho insere-se no âmbito do Projecto ATVOU, cujo principal objectivo é o da avaliação das tecnologias de valorização dos óleos usados em Portugal (desenvolvidas e em desenvolvimento).

Assim, a metodologia seguida para a recolha de dados tanto para o projecto como para a dissertação consistiu na realização de visitas às diversas instalações relacionadas com a actual gestão de óleos usados em Portugal, realização de questionários, contactos telefónicos com os responsáveis destas empresas e ainda reuniões tanto com os agentes envolvidos como com a entidade gestora – SOGILUB -.

Para tratamento dos dados foi escolhido como ferramenta de trabalho o *software* Umberto, por ser a ferramenta de ACV que se considerou com maior versatilidade, de fácil utilização, ajustável e de fácil interpretação, sendo o número de substâncias a serem modeladas ilimitado (Winkler e Bilitewski, 2007).

Devido à escassez dos dados de base disponibilizados, não foi possível cumprir o objectivo inicialmente proposto, que consistia em corrigir ou completar as actuais ACV (estas encontram-se no estudo “*Critical review of existing studies and life cycle analysis on the regeneration of waste oils*”), cujos dados remontam à década de 90, procurando assim, otimizar o processo de gestão destes resíduos, de forma a torná-lo sustentável, não apenas no contexto do território nacional como, também, nos restantes Estados-Membros da União Europeia. Desta forma, o objectivo foi alterado, seguindo-se para o de desenvolver as bases para futuras ACV realizadas dentro do tema, assim como, referir os obstáculos encontrados ao longo da execução do projecto que devem ser evitados em estudos futuros.

Neste subcapítulo aborda-se então a metodologia seguida de forma detalhada, indicando o plano de trabalhos realizado para atingir o objectivo proposto e ainda as fontes de informação utilizadas para a recolha de dados.

4.2.2.1 Plano de trabalhos

Para a realização da investigação, foram seguidas as quatro fases identificadas na **Tabela 4-2**.

Tabela 4-2 – Plano de Trabalhos para realização da dissertação

Fases		Objetivos	Fontes de informação
Fase 1. Revisão Bibliográfica	Fase 1a. Levantamento bibliográfico da gestão integrada de óleos usados e sua problemática em Portugal e na Europa	<ul style="list-style-type: none"> Levantamento da legislação nacional e europeia, estratégias (da gestão dos recursos e resíduos, a sustentabilidade) Levantamento bibliográfico do sistema integrado SOGILUB e seu funcionamento (fluxos de massa, fluxo financeiro, agentes envolvidos na produção do resíduo óleo, no seu tratamento e valorização) Compreensão e caracterização da problemática dos óleos usados (a nível nacional e a nível internacional) 	<ul style="list-style-type: none"> Relatórios de progresso da SOGILUB e outros documentos; APA (Agência Portuguesa do Ambiente); Pesquisa de páginas de Internet das entidades relacionadas com o estudo (e.g., Comissão Europeia, EIONET, etc.)
	Fase 1b. Levantamento bibliográfico sobre ACV na gestão de resíduos e caracterização das ACV na gestão de óleos usados	<ul style="list-style-type: none"> Importância da ACV como metodologia de avaliação na gestão dos resíduos (especificamente, do resíduo óleo usado) Caracterização da metodologia ACV no que diz respeito a: aplicações, normas aplicadas, vantagens e desvantagens da metodologia face a outras existentes, <i>softwares</i> utilizados, etc. Levantamento das ACV encontradas para a gestão dos óleos usados Verificação, nessas ACV, das fases da vida dos óleos que foram consideradas e das vias de tratamento e valorização abordadas Caracterização dos resultados obtidos nas mesmas ACV 	<ul style="list-style-type: none"> Artigos de revisão (<i>review articles</i>) sobre ACV no geral (e.g., <i>Critical Review of Existing Studies and Life Cycle Analysis on the Regeneration and Incineration of Waste oils</i> de Monier e Labouze, 2001) Outros artigos sobre ACV de resíduos (e.g., <i>Life Cycle Assessments of Energy from Solid Waste</i> de Finnveden G. et al. (2000)) Livros (e.g., <i>Environmental Life-Cycle Assessment</i> de Mary Ann Curran (1996)) Páginas de internet relativas ao assunto

Tabela 4-2 (continuação) – Plano de Trabalhos para realização da dissertação

<p>Fase 2.</p> <p>Avaliação das tecnologias de tratamento e de valorização por ACV</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de inquéritos para enviar às partes envolvidas para obtenção de dados de base • Realização de reuniões e visitas às instalações de tratamento e valorização de óleos usados para construir o <i>layout</i> do sistema de gestão integrado SOGILUB • No caso de faltar algum dado, recorrer a dados teóricos da biblioteca do <i>Umberto</i> ou adquirir dados novos através de outras fontes 	<ul style="list-style-type: none"> • Reuniões e visitas às unidades portuguesas de tratamento e valorização dos óleos usados e à de regeneração em Espanha. • Biblioteca do programa <i>Umberto</i> • BREFs (e.g., Documento sobre as BAT na indústria de tratamento de resíduos (2006)); • Livros; • Artigos.
<p>Fase 3.</p> <p>Resultados obtidos e proposta de melhorias da gestão integrada dos óleos usados em Portugal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proposta ao nível da produção do resíduo óleo usado, da sua recolha, em resultado das tecnologias com menor impacte ambiental para ser aplicado em Portugal 	
<p>Fase 4.</p> <p>Escrita da dissertação</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Escrita e entrega da dissertação 	

4.2.2.2 Recolha de informação

No início do projecto ATVOU os vários elementos da equipa tiveram um curso de formação em *Umberto*, de forma a poder utilizar este *software* como ferramenta de apoio à análise de ciclo de vida dos óleos usados.

A 13 de Março de 2008, após a finalização do curso, a equipa técnica do projecto realizou uma primeira reunião com a entidade gestora (SOGILUB), representada pelo Director da empresa, o Eng. Fernando Moita. Esta reunião teve como objectivo a apresentação da equipa técnica, e ainda a definição de estratégias para o desenvolvimento do projecto. A SOGILUB disponibilizou-se para fornecer à equipa os contactos das empresas que constituem o sistema SOGILUB (empresas que efectuem o pré-tratamento, reciclagem, valorização (indústrias cerâmicas, cimentos e cal, indústria da argila expandida) e regeneração. Surge, neste âmbito, a oportunidade de realizar visitas a estas empresas, com o intuito de obter os dados necessários para a realização do projecto, nomeadamente aspectos técnicos, fluxo de materiais e custos.

Antes da realização das visitas às unidades que integram o SIGOU, foram elaborados vários questionários vocacionados para cada uma das unidades e um vocacionado para a própria entidade gestora. Estes questionários tinham como objectivo obter informações prévias relativas às características processuais, à gestão ambiental e económica das várias unidades. Em anexo, encontra-se o questionário enviado primeiramente para a SOGILUB (Anexo B) e encontram-se ainda os questionários que foram enviados para as empresas de recolha, armazenamento e pré-tratamento (Anexo C), de reciclagem (Anexo D), de valorização energética (Anexo E) e de regeneração (Anexo F).

O envio destes primeiros questionários, que ficou ao encargo da SOGILUB, foi feito apenas a 28 de Maio de 2008, devido à reestruturação organizacional desta entidade. Porém, após as primeiras visitas e a pedido de algumas empresas, foi necessário reformular os questionários, alterando algumas questões sem modificar o conteúdo das mesmas. Assim, os questionários reformulados foram enviados, por correio electrónico, após a realização de todas as visitas, a 15 de Outubro de 2008.














As instalações foram sucessivamente contactadas, por correio electrónico e/ou telefone, pela equipa técnica com intuito de proceder à visita das mesmas, para conhecer os processos de tratamento e valorização e os aspectos ambientais e económicos associados. As visitas foram realizadas entre 16 de Julho e 1 de Outubro de 2008, e todas foram iniciadas com uma breve reunião com os responsáveis pela empresa, sendo, de seguida, apresentadas as instalações e explicado o funcionamento das linhas de tratamento.

Os segundos questionários, enviados após a realização das visitas, tinham como intuito a confirmação dos fluxogramas dos processos de tratamento e valorização. Adicionalmente, foi pedido às empresas para fornecer dados relativos aos balanços de massa e energia, assim como, os boletins de análise da qualidade dos óleos usados recolhidos e pré-tratados e dos boletins de análise dos resíduos produzidos e das emissões gasosas. Os segundos questionários enviados encontram-se igualmente nos anexos (Anexo G a Anexo K). Foi ainda exigido à equipa do projecto ATVOU uma declaração de confidencialidade de dados, no decorrer deste processo.

Realizaram-se ainda duas últimas reuniões com a entidade gestora. Assim, a 25 de Junho de 2008, realizou-se uma reunião com o intuito de apresentar ao novo director da SOGILUB, o Dr. Aníbal Vicente, e ao Eng. Fernando Moita, o desenvolvimento do projecto até ao momento. Na última reunião, a 27 de Novembro de 2008 foram discutidos os principais obstáculos encontrados durante a realização do projecto que impossibilitavam o mesmo.



A falta de cooperação por parte das empresas envolvidas no projecto, conduziu à alteração dos objectivos tanto do projecto como das dissertações em desenvolvimento. Como ilustra a **Tabela 4-3**, apenas uma das empresas respondeu na totalidade aos questionários.

Tabela 4-3 – Datas de envio de questionários e declarações de confidencialidade e de visitas às empresas

Empresa	Data de envio do primeiro questionário	Resposta	Data de envio do segundo questionário	Resposta	Data de visita à instalação	Data de envio da declaração confidencial
Argex	15 de Outubro de 2008		12 de Novembro de 2008		16 de Julho de 2008	11 de Setembro de 2008
Enviroil	15 de Outubro de 2008		12 de Novembro de 2008		21 de Julho de 2008	11 de Setembro de 2008
Correia & Correia	15 de Outubro de 2008		12 de Novembro de 2008		21 de Julho de 2008	11 de Setembro e 12 de Novembro de 2008
Tracemar	15 de Outubro de 2008		12 de Novembro de 2008		28 de Julho de 2008	11 de Setembro de 2008
Maxit	10 de Outubro de 2008		12 de Novembro de 2008		21 de Outubro de 2008	10 de Outubro e 18 de Novembro de 2008
Carmona	1 de Outubro de 2008		12 de Novembro de 2008		1 de Outubro de 2008	15 de Setembro de 2008
SOGILUB	28 de Maio de 2008		-	-	-	-

Legenda:



A empresa respondeu ao inquérito;  A empresa não respondeu ao inquérito;  A empresa respondeu parcialmente ao inquérito

4.2.3 Descrição das tecnologias de tratamento e valorização usadas em Portugal

4.2.3.1 Recolha, transporte, armazenamento e pré-tratamento

De acordo com o Decreto-Lei nº 153/2003, as operações de recolha, transporte, armazenamento e tratamento são definidas da seguinte forma:

- Recolha/transporte – Conjunto de operações que permitam transferir os óleos usados dos detentores para as empresas licenciadas/autorizadas para a sua gestão;

- Armazenamento – Operação de depósito temporário e controlado de óleos usados, prévio ao seu tratamento e/ou valorização;
- Tratamento – Operação que modifica as características físicas e ou químicas dos óleos usados, tendo em vista a sua posterior valorização.

Para distinguir o tratamento de valorização dos óleos usados do tratamento empregue antes dos óleos usados serem valorizados, denominou-se a segunda de “pré-tratamento”.

A recolha dos óleos usados, como anteriormente referido, é assegurada por um conjunto de sete empresas que operam na totalidade do território nacional - Portugal Continental (SISAV EGEO Industrial, S.A.; Carmona, Sociedade de Limpeza e Tratamento de Combustíveis (SLTC), S.A.; Codisa, Solventes e Codisa, S.A. - Gestão de Resíduos, S.A.; Correia & Correia, Lda; José Maria Ferreira e Filhos, Lda.) e Região Autónoma dos Açores e Região Autónoma da Madeira (Bensaude, S.A.; Valor Ambiente, Gestão e Administração de Resíduos da Madeira, S.A.) – garantindo a recolha directamente nas instalações dos PrOU. A SISAV EGEO Industrial, S.A.; Carmona, S.A. e a Correia & Correia, Lda. efectuam operações de recolha, transporte, armazenamento e tratamento dos óleos usados, enquanto que as outros operadores, incluindo pequenos operadores subcontratados por estas empresas, efectuam apenas operações de recolha, transporte e/ou armazenamento.

A **Tabela 4-4** sintetiza os resultados da recolha no Continente e nas Regiões Autónomas em 2007.

Tabela 4-4 – Óleos usados recolhidos no âmbito do SIGOU em 2007 (SOGILUB, 2007)

Produto	Óleos Usados recolhidos no SIGOU em 2007 (t)			
	Portugal Continental	R.A. Madeira	R.A. Açores	Total
Óleos usados recolhidos enviados para as unidades de tratamento	30 541	775	775	32 091

No âmbito do projecto ATVOU, visitaram-se duas instalações de recolha, transporte, armazenamento e tratamento de óleos usados – Carmona, S.A. e a Correia & Correia, Lda. De seguida, descrevem-se os processos de acordo com a informação recolhida ao longo de ambas as visitas.

4.2.3.1.1 Carmona

A Carmona SLTC é licenciada para a actividade de armazenamento e tratamento de óleos usados, águas oleosas, emulsões, fluidos de corte e outros resíduos que contenham hidrocarbonetos. É operador registado no Instituto de Resíduos (IR) para a recolha e transporte de óleos usados, e entreposto fiscal de transformação (Carmona, 2008a).

O grupo Carmona, S.A. tem a sua génese em 1976, como empresa individual vocacionada para a recolha e tratamento de óleos usados, em toda a região de Setúbal. Em 1988, construiu e implementou uma nova unidade de tratamento prévio de óleos usados e derivados de hidrocarbonetos e tratamento de águas oleosas, emulsões e fluidos de corte em Brejos de Azeitão (IPA, 2007).

Os serviços da CARMONA SLTC cobrem os distritos de Setúbal, Évora, Beja e Faro.

Antes de efectuar o circuito de recolha dos óleos usados junto dos produtores, a Carmona caracteriza o circuito de recolha com base no produtor para uma melhor planificação do circuito de recolha e para minimizar os recursos de tratamento, separando na fonte os vários tipos de óleos usados.

Desta forma, as rotas diárias são elaboradas através da conjugação de três factores: o ciclo temporal de visitas para um grupo de PrOU em determinada zona, a gestão do tempo de resposta aos pedidos recebidos e a quantidade de OLU espectável para esse dia. Relativamente, à caracterização dos PrOU no que respeita às quantidades por recolha a relação é a seguinte:

- Ramo Automóvel – Maior regularidade, pequenas quantidades (< 1 000 l)
- Indústria de pequenas e médias empresas (PME's) – Menor regularidade, quantidades maiores que 1 000 l, mas inferiores a 3 000 l

- Indústria Pesada – Recolhas sazonais, grandes quantidades (> 3 000 l)

A recolha básica é constituída por um esquema de subzonas em sistema capilar, apoiado na unidade base em Azeitão e duas de armazenagem intermédia situadas no Algarve e em Beja.

As rotas diárias têm resultados variáveis em termos de quantidades distribuídas a cada unidade, de acordo com factores como o concelho e o seu potencial de produção, a densidade populacional, a época do ano, entre outros. De seguida, apresentam-se os valores médios atingidos por cada unidade nos dias de recolha durante o ano de 2007:

Tabela 4-5 – Quantidades médias diárias de óleo usado fornecidas a cada unidade da Carmona em 2007 (Dores, 2008)

Unidade	Quantidade (kg/dia)
1	7 280
2	5 945
3	6 317
Outras unidades	4 753
Total	24 305

Na grande maioria dos PrOU, a visita é regulada pelo compromisso entre a capacidade de armazenagem *versus* capacidade de produção, acontecendo 4 vezes/ano (12 em 12 semanas), porém atendendo ao universo alargado, há também lugar a recolhas, anuais, semestrais, mensais, semanais e pontuais pautadas pela sazonalidade da produção. A origem da visita/recolha pode acontecer por iniciativa da Carmona ou a pedido do próprio PrOU.

O fluxo de entrada dos óleos lubrificantes usados na instalação de tratamento em Azeitão é alimentado através de camiões com cargas completas que fazem a ponte com as unidades de armazenagem intermédia, ou directamente através dos camiões de recolha sedeados em Azeitão.

O equipamento de recolha afecto a este serviço é composto por 3 camiões (mais um de reserva) de frota própria, mais 3 camiões de sub-recolhedores associados. Os camiões são do tipo cisterna com dois eixos, e com capacidades que variam entre os 5 000 l e 14 000 l, adicionalmente uma destas unidades pode aumentar a capacidade para 28 500 l através da atrelagem de um reboque. As viaturas estão equipadas com pré-filtro e sistema de auto-bombagem de funcionamento acoplado ao motor, assim como diversos sistemas de protecção anti-derrame para as operações de carga e descarga, de acordo com a legislação todas as viaturas estão munidas de um *kit* primário de contenção de derrames. O combustível utilizado é gasóleo 100%, e os consumos médios, assim como, as distâncias percorridas por estas viaturas até ao destino apresentam-se na **Tabela 4-6**:

Tabela 4-6 – Distâncias percorridas e consumos de combustível das viaturas de recolha da Carmona (Dores, 2008)

Veículo	Distância (km/dia)	Combustível consumido (l/100km)
1	293	37,3
2	187	34,9
3	241	34,1
Outros veículos	n/d	n/d

Importa referir que estes camiões durante o processo de carga nas instalações dos PrOU e nas unidades de armazenamento intermédio, consomem gasóleo, sem que sejam contabilizados kms reais, assim se justificam os valores apresentados e que estão substancialmente acima da média para este tipo de veículos.

Após o processo de tratamento e de acordo com os parâmetros finais, os óleos lubrificantes usados são expedidos em camiões com carga completa, para os destinos finais (Tracemar e Enviroll) no

mercado interno em frota própria, ou para exportação através do recurso a um transportador externo, de acordo com as metas a cumprir pela SOGILUB.

Chegado à instalação, o lote de óleo usado recolhido passa por um controlo de aceitação que inclui o controlo de qualidade e quantidade do resíduo recepcionado para confirmar se tem as características pretendidas no âmbito da SOGILUB (% água, sedimentos, PCB), e os lotes de entrada que se encontram em condições são pesados numa báscula para posterior armazenagem. A unidade está instalada com dois laboratórios, um para análise dos óleos e outro para as águas (oleosas). O processo de despistagem de PCB é bastante complexo, sendo este metal maioritariamente proveniente de óleos de transformadores.

O resíduo é posteriormente, armazenado, por um período curto de tempo, em tanques com capacidade total de 685,5 m³, sofrendo previamente um processo de filtração para remoção de sólidos e partículas suspensos (lamas).

Terminado o tempo de armazenamento, o óleo é encaminhado através de uma fornalha e de um permutador de calor, onde circula vapor saturado, para elevação da temperatura até 90-95°C, em vácuo (para evitar risco de explosão) numa caldeira alimentada com um combustível composto por uma mistura de óleo *fuel* e gasóleo, de forma a conseguir um combustível mais fluido (o gasóleo serve para fluidificar a mistura de combustíveis). As tubagens por onde circulam os gases voláteis estão isoladas termicamente para que as dissipações de calor sejam mínimas, afim de não se perder a capacidade térmica dos gases.

Seguidamente, o produto passa por um processo de centrifugação onde se separam as lamas (sedimentos sólidos) e água oleosa (nesta fase o óleo está isento de lamas e com um teor de água e de compostos orgânicos voláteis entre 3 – 4%). As lamas são enviadas para uma empresa externa, localizada em Espanha, com destino à co-incineração.

As águas oleosas geradas durante o processo de tratamento dos óleos usados são recolhidas, analisadas e tratadas na ETARI (Estação de Tratamentos de Águas Residuais Industriais) diariamente. Mais à frente é descrito o processo de tratamento das águas oleosas.

Posteriormente, o produto passa por uma segunda caldeira a 100°C para que seja desidratado, retirando a água ainda remanescente, assim como, os solventes e os COV. A água oleosa, os COV e solventes passam continuamente através de um permutador de água de refrigeração, de forma a condensarem e a retirar as impurezas (água, solventes e COV) ainda presentes no óleo lubrificante. Nesta unidade de condensação utiliza-se como combustível óleo *fuel* e gasóleo. Os gases não condensáveis, os solventes, são aspirados, no permutador de água de refrigeração, pelo sistema de vácuo e dirigidos para o sistema de crionização com azoto líquido. Os solventes eliminados no processo de crionização são encaminhados e tratados numa empresa externa – Ecosocer –.

Por fim, os óleos são novamente filtrados e analisados e armazenados em tanques de produto acabado com capacidade total de 204 m³, definindo-se, posteriormente, lotes de saída conforme as suas características e consequente destino (Enviroil ou Tracemar). O transporte para a unidade de regeneração da Tracemar, situada em Espanha, é realizado pela empresa Maria José Ferreira & Filhos, empresa contratada pela SOGILUB, visto que o óleo pré-tratado produzido ser propriedade da SOGILUB.

As **Figuras 4-11 e 4-12** apresentam esquematicamente o processo. À semelhança dos fluxogramas apresentados no caso de estudo europeu, também nestes estão sintetizadas as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos do processo da Carmona. Estão contemplados todos os processos desde a aquisição do óleo usado dos seus produtores até ao transporte dos produtos às instalações de valorização. Está igualmente incluída a descrição do processo da ETARI que se encontra dentro da instalação.

A construção deste fluxograma baseou-se na informação disponibilizada pela empresa complementando esta com a informação recolhida ao longo das visitas realizadas no âmbito do projecto ATVOU.

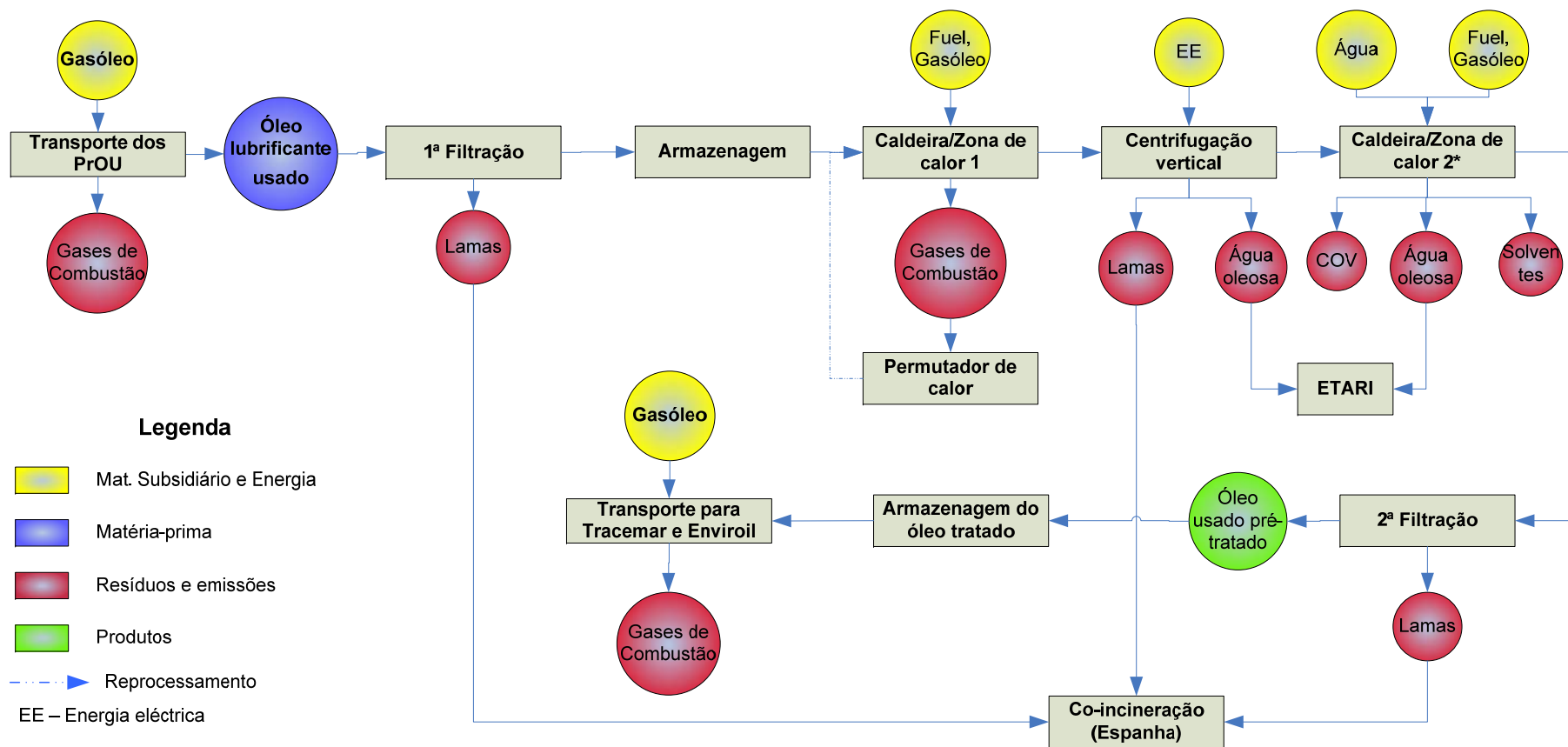


Figura 4-11 – Fluxograma do processo de pré-tratamento da Carmona SLTC (Dores, 2008).

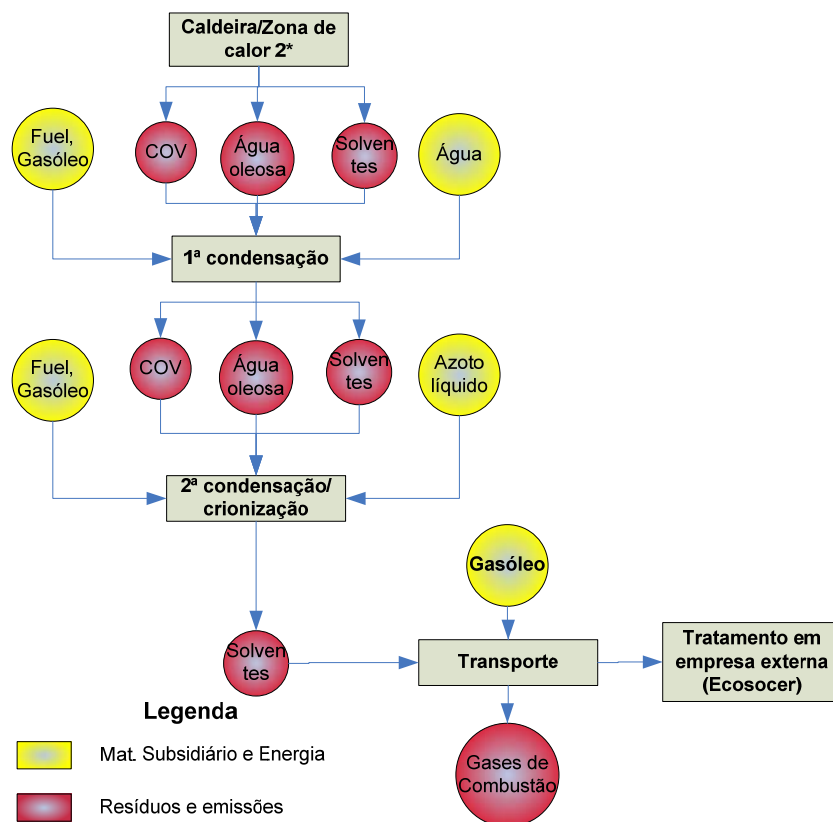


Figura 4-12 – Fluxograma da zona de calor 2 (Dores, 2008)

Durante todo o processo de tratamento dos óleos lubrificantes usados podem registar-se até 8% de perdas, dependendo da qualidade do óleo recebido. Estas perdas são mensalmente comunicadas à SOGILUB para que essa qualidade possa ser melhorada por via do melhor cumprimento das regras por parte dos produtores do óleo usado.

O processo de tratamento das águas oleosas na ETARI encontra-se esquematizado na **Figura 4-13**:

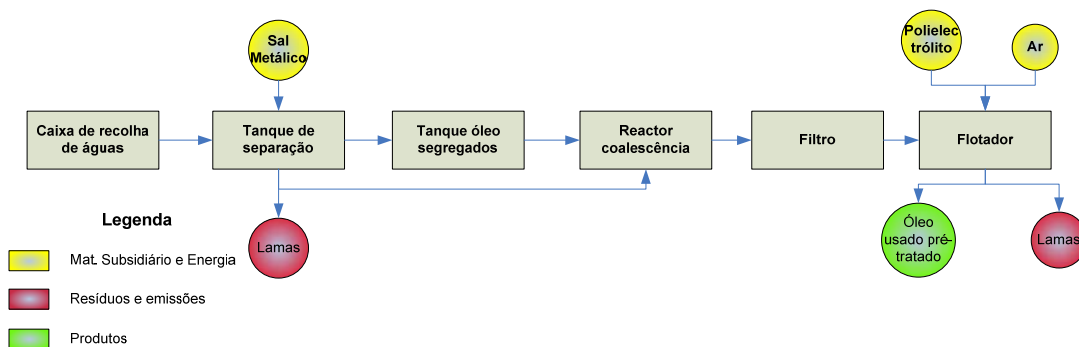


Figura 4-13 – Fluxograma da ETARI da Carmona SLTC (Dores, 2008)

Findo o processo de tratamento das águas oleosas, estas são, quando existem condições para tal, depositadas num ribeiro que existe contigualmente à instalação. No entanto, o efluente tratado antes de ser descarregado no meio hídrico, é analisado internamente, e só se cumprir os parâmetros estabelecidos na Licença Ambiental é que é efectuada a descarga.

O programa de monitorização, para o efluente industrial (proveniente da Unidade de Tratamento de Óleos Usados e da Unidade de Tratamento de Águas Oleosas, Emulsões e Fluidos de Corte) é o seguinte:

- O caudal é medido em contínuo;
- CQO (Carência Química em Oxigénio) e o pH são medidos semanalmente.

Todos os parâmetros indicados na Licença Ambiental são medidos mensalmente, através de uma amostra compósita de 24 h. Os resultados das análises devem ser enviados para a CCDD-LVT trimestralmente. Segundo o responsável da Carmona, os valores encontrados cumprem os valores exigidos na Licença Ambiental.

Está em desenvolvimento um processo que vai possibilitar a reutilização destas águas, promovendo a poupança ao nível dos recursos e da factura anual da empresa, nomeadamente na limpeza das cisternas de transporte dos óleos usados.

De referir ainda que os pontos de amostragem para as emissões gasosas, são a chaminé das fornalhas e a bomba de vácuo. As medições nestes pontos de amostragem são realizadas semestralmente, cujos resultados são posteriormente enviados para a CCDD-LVT. Segundo o responsável da unidade, os valores analisados cumprem todos os parâmetros exigidos quer na legislação quer na Licença Ambiental.

4.2.3.1.2 Correia & Correia

A Correia & Correia, sediada na Sertã, é uma empresa de gestão de resíduos que iniciou a sua actividade em Setembro de 1988 na recolha de óleos usados. Desde 2002 iniciou um processo de evolução e diversificação da actividade e tornou-se uma empresa de gestão global de resíduos industriais. A empresa está integrada no Grupo Mota Engil, possui uma frota própria e todos os meios que lhe permitem a recolha de resíduos em todo o Continente.

Como agente activo na preservação do ambiente, assegura aos seus clientes o cumprimento das obrigações ambientais legais, optimizando e racionalizando os custos associados à Gestão de Resíduos Industriais. A crescente qualificação do seu quadro técnico em parceria com a experiência adquirida garante a recolha, transporte, tratamento e encaminhamento para destino final de resíduos industriais, em cerca de 6 000 unidades distribuídas por todo o Continente. É, desta forma, uma unidade industrial de valorização de óleos usados, armazenamento temporário de resíduos industriais e tratamento físico-químico e recolha. Os óleos usados provenientes do ramo automóvel ou indústria são armazenados e tratados na unidade. O tratamento permite a remoção de contaminantes como água, sedimentos e metais pesados (Correia & Correia, 2007).

A empresa opera nos distritos do Porto, Aveiro, Viseu, Castelo Branco e Portalegre e ainda os distritos de Coimbra, Leiria e Santarém, sendo a recolha, nestes últimos três, partilhada com a empresa SISAV EGEO Industrial. Recebem ainda óleos lubrificantes de outras empresas de recolha como a José Maria Ferreira e Filhos, Lda.

A empresa tem duas instalações de armazenamento de óleos usados, situadas na zona industrial de Varziela, em Vila do Conde e na Sertã. A trasfega entre as duas instalações é feita por quatro camiões cisterna que realizam três recolhas semanais.

Na unidade de Varziela, operam dois camiões de recolha (cada um com cerca de 12 300 l de capacidade) junto dos PrOU do distrito do Porto. Esta instalação serve apenas para recolha e armazenamento temporário, não tendo capacidade para realizar pré-tratamento aos óleos usados recolhidos. Posteriormente os óleos usados desta instalação são enviados para a instalação da Sertã.

A instalação visitada, na Sertã, possui quatro camiões de recolha, com capacidades desde 12 300 l até 16 100 l. São efectuadas três recolhas semanais junto dos produtores.

Deste modo, a Correia & Correia possui uma frota total de 6 camiões cisterna de recolha, a gasóleo, três com capacidade de 12 300 l, um com 15 400 l, um com 16 000 l e ainda outro com 19 100 l. A **Tabela 4-7** demonstra as distâncias percorridas por cada um dos veículos de recolha da Correia & Correia:

Tabela 4-7 – Distâncias percorridas e consumos de combustível das viaturas de recolha da Correia & Correia, em 2007 (Costa, 2008a)

Veículo - Capacidade	Distância (km/ano)	Combustível Consumido (l/100km)
Veículo 1 – 12 300 l	53 200	27
Veículo 2 – 12 300 l	68 900	26
Veículo 3 – 12 300 l	81 800	26
Veículo 4 – 15 400 l	87 000	30
Veículo 5 – 16 000 l	70 100	45
Veículo 6 – 19 100 l	20 200	44
Total	381 200	-

Os camiões de recolha da empresa possuem quatro compartimentos, cada um equipado com uma mangueira por onde são aspirados os óleos dos pontos de recolha (os PrOU possuem normalmente bidões de 200 l) onde são depositados os óleos usados recolhidos de acordo com a sua tipologia, relacionado com a cor, origem, cheiro. De acordo com informações disponibilizadas pelo responsável da unidade da Correia & Correia, a distinção entre as várias tipologias de óleo é feita com base na experiência dos funcionários não sendo feita qualquer análise no momento da recolha.

Chegam à unidade da Sertã cerca de 13 200 t/ano (valor de referência para 2007) de óleos usados. À chegada cada carga é pesada e analisada tendo em conta quatro ou cinco parâmetros (ensaio de coagulação, ensaios de saponificação, quantitativos de água, sedimentos, PCB, cloro, densidade). O ensaio da coagulação é que vai distinguir claramente duas grandes categorias de óleos. Após o tratamento é realizado um controlo de qualidade sendo analisados apenas os parâmetros água e sedimentos. As fases dos diversos tratamentos são controladas por simulação dos tratamentos em laboratório.

Após a análise e definição do tipo de óleos lubrificantes usados, estes são encaminhados para seis tanques de recepção de óleos onde são armazenados. Nestes tanques ocorre a primeira etapa do tratamento – decantação –. Estes tanques de recepção são aquecidos a temperaturas entre os 40°C e os 80/90°C. Esta etapa é de extrema importância visto que influencia todo o tratamento a jusante. Quanto maior for o tempo de residência no tanque, melhor a eficiência da decantação, influenciando a qualidade do processo e, conseqüentemente, do produto obtido. De uma forma geral o tempo de residência, dos óleos usados nestes tanques, é de 24 horas. No entanto, as características do óleo à entrada, a capacidade da instalação no momento, bem como as quantidades de óleos recebidos pela instalação, influenciam o tempo dispendido nesta fase de tratamento.

Diariamente são recolhidos os resíduos provenientes da fase de decantação, denominados por “purga de fundo” ou “purga diária”. Este resíduo é recolhido diariamente do fundo do decantador, sendo o efluente enviado para a ETARI existente na instalação.

Numa segunda etapa os óleos são sujeitos a duas filtrações. Primeiro é feita uma filtração bastante arcaica, em “cestos”, que retém os grandes sedimentos. Seguidamente o óleo é filtrado através de um filtro de malha cuja dimensão interior é inferior que a do primeiro filtro, retendo por isso, sedimentos de menores dimensões. Os sedimentos ou lamas são tratados na ETARI.

Após o processo de filtração o óleo passa para a etapa de centrifugação onde, por diferença de densidade e com a força da gravidade, se separam duas fracções distintas, resultando a água oleosa e os sedimentos, nos quais estão incorporados os metais pesados e o óleo centrifugado. A água oleosa e os sedimentos (lamas) são enviados para a ETARI.

Posteriormente, o óleo passa por uma etapa de desidratação/evaporação. O processo consiste na desidratação por vaporização a 80°C, seguida de uma etapa de condensação de forma a retirar a restante água oleosa ainda presente. Desta etapa resulta o óleo lubrificante pré-tratado que é armazenado em quatro tanques de 100 000 l de capacidade. São processados em média 4 a 5 m³/h, de acordo com a qualidade do óleo de origem.

O óleo lubrificante pré-tratado é depois enviado para os seus destinos principais, Tracemar (Espanha – Huelva), Gaur (Espanha), Enviroil e Maxit, onde é sujeito a um novo controlo de qualidade.

Na ETARI são tratados os efluentes produzidos na própria instalação bem como efluentes encaminhados de outras instalações, nomeadamente a Enviroil. O processo de tratamento consiste num tratamento secundário com as fases físico-química e biológica. Após o tratamento das lamas por centrifugação estas são encaminhadas para um aterro de resíduos industriais perigosos, localizado em Huelva, Espanha. O efluente é enviado para o sistema de saneamento municipal.

A **Figura 4-14** representa o processo descrito. Também neste fluxograma estão sintetizadas as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos do processo da Correia & Correia. Estão contemplados todos os processos desde a aquisição do óleo usado dos seus produtores até ao transporte dos produtos às instalações de valorização. Esta instalação à semelhança da Carmona, possui uma ETARI, que é incluída dentro dos limites do fluxograma.

A construção deste fluxograma baseou-se na informação disponibilizada pela empresa complementando esta com a informação recolhida ao longo das visitas realizadas no âmbito do projecto ATVOU.

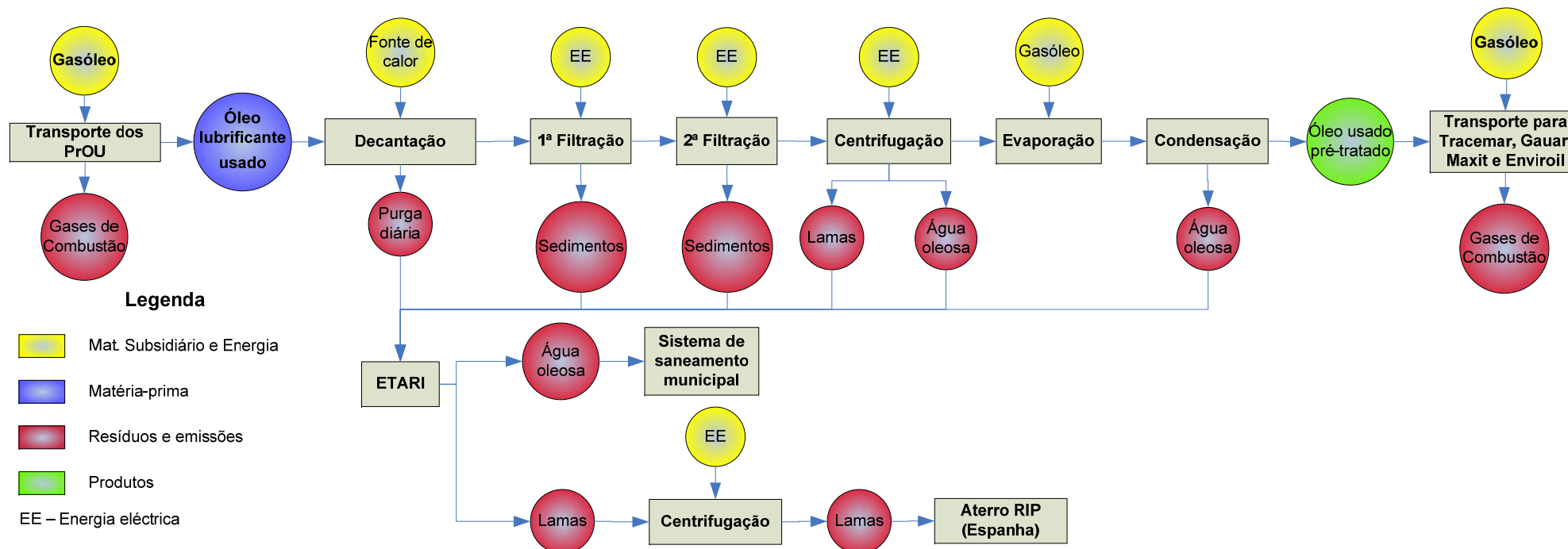


Figura 4-14 – Fluxograma do processo de pré-tratamento da Correia & Correia

4.2.3.2 Reciclagem

O processo de reciclagem é definido no Decreto-Lei nº 153/2003 como a operação de reprocessamento, no âmbito de um processo de produção, de óleos usados para o fim original ou para outros fins, nomeadamente a regeneração, a reutilização como lubrificante após tratamento e como matéria-prima para a transformação em produtos passíveis de serem utilizados posteriormente, excluindo a valorização energética.

De acordo com a SOGILUB, a reciclagem dos óleos tratados foi assegurada pelas empresas:

- ENVIROIL, Resíduos e Energia, Lda.,
- ARGEX, Argila Expandida, S.A.

No entanto, os processos de reciclagem de óleos tratados em ambas as empresas são distintos.

No caso da ENVIROIL, os óleos tratados são submetidos a um processo de destilação, obtendo-se um produto designado por simil-gasóleo, que é separado e vendido no exterior da empresa, sendo este considerado pela legislação como um processo de reciclagem. No entanto, esta empresa utiliza igualmente este produto como combustível em grupos de motogeradores para produção de energia eléctrica. Devendo este ser considerado como um processo de valorização energética e não apenas como um processo de reciclagem, como refere a SOGILUB no Relatório de Actividades (2007).

No caso da ARGEX o produto final é obtido a partir de pasta de argila que é cozida num forno, provocando a libertação dos voláteis e obtendo-se um material resistente e leve aplicado na construção civil e outras. Os óleos usados são adicionados à pasta de argila, num processo de incorporação de matéria-prima, que no âmbito do funcionamento do SIGOU, face às suas características, está classificada como reciclagem (SOGILUB, 2007).

A **Tabela 4-8** apresenta as quantidades de óleos usados tratados que foram reciclados em 2007.

Tabela 4-8 – Quantidade de óleos tratados reciclados
(SOGILUB, 2007)

Empresa	Quantidades recicladas (t)
Enviroil	15 415
Argex	1 144
Total	16 559

Ambas as instalações foram visitadas e seguidamente descrevem-se os processos detalhadamente.

4.2.3.2.1 Argex

A Argex, fundada em 2003, localiza-se na zona industrial de Bustos, perto de Aveiro e tem como finalidade a produção de argila expandida. A argila expandida Argex é um agregado leve de formato esférico, com granulometria de 3 a 4 mm e uma estrutura interna formada por uma espuma cerâmica com microporos, originando uma superfície rígida e resistente. Este produto serve como material de construção, proporcionando isolamento acústico e térmico dos edifícios e, por ser um material muito leve, apresenta grandes vantagens na construção em altura. Para além da construção civil tem numerosas aplicações em diversas áreas como a geotecnia, jardinagem, servindo também como meio filtrante (Argex, 2008).

A Argex é caracterizada como unidade de reciclagem de óleos lubrificantes usados. O óleo usado pré-tratado é uma matéria-prima no processo de produção da argila expandida, servindo como agente expensor da argila durante a fase de cozedura do produto. A argila é recolhida em barreiros próximos da instalação. O material é, então, armazenado ao ar livre ficando exposto ao ar e à chuva por longos períodos até dar entrada na linha de produção.

A unidade recebe semanalmente cerca de 25 toneladas de óleos lubrificantes usados, previamente tratados na empresa Auto-Vila com quem estabeleceram um contrato de abastecimento anual. De acordo com a Argex estes quantitativos não asseguram as necessidades da indústria, pelo que, por vezes, são obrigados a utilizar nafta como agente expensor, diminuindo o rendimento do processo dado o menor poder calorífico deste combustível.

O procedimento de recepção das cargas de óleo usado prevê:

- a) Pesagem do veículo em báscula à entrada e à saída da instalação;
- b) Verificação da guia de transporte;
- c) Recolha de uma amostra para determinação do Poder Calorífico Inferior (PCI), no laboratório existente na unidade;
- d) Aceitação do lote de óleo usado pré-tratado em conformidade com os requisitos estabelecidos pela Argex;
- e) A trasfega do óleo para um depósito de armazenamento com capacidade de 30m³. O óleo permanece em armazenamento até à sua incorporação numa das etapas do processo de fabrico da argila expandida como será explicado.

Desta forma, a primeira etapa do processo de produção consiste na moagem da argila com simultânea adição de água formando uma pasta argilosa, que fica em estágio 2 a 3 dias. Após este período de repouso inicia-se a segunda etapa do processo, que consiste na mistura da pasta argilosa com água. Quando a pasta se encontra homogênea e com a consistência adequada, é conduzida por um tapete transportador até à etapa de extrusão. Neste percurso é-lhe adicionada o óleo lubrificante usado, como se demonstra na **Figura 4-15**. A quantidade de óleo incorporado depende do seu PCI, assim, quanto menor for o PCI maior terá de ser a quantidade de óleo incorporada. Segundo a Argex poderiam ser utilizados como agentes expansores óleos com poder calorífico semelhante, óleos lubrificantes novos, produtos adequados ao processo e com poder calorífico semelhante ao agente expensor utilizado actualmente.

No processo de extrusão é utilizado um molde com orifícios circulares de 2 a 3 mm de diâmetro, por onde passa a pasta de argila. À saída do molde a pasta é cortada, originando peças cilíndricas. As peças são conduzidas por tapete transportador para o forno de secagem. Neste percurso é adicionado pó de pedra (cálcio) que tem uma dupla função, permite dar forma às peças na fase de cozedura e evita a aglomeração das peças já cortadas.



Figura 4-15 – Adição do óleo lubrificante usado à argila
(fotografia tirada durante a visita)

Após a adição do pó de pedra as peças são encaminhadas para um forno rotativo, onde estas sofrem um processo de secagem e de endurecimento sendo também promovida a uniformização do pó de pedra sobre as peças. Este forno rotativo possui 50 metros de comprimento, em que a chama principal está a 1 500 °C. À entrada do forno a temperatura ronda os 200 °C e à saída os 1 500 °C. Próximo dos 900 °C verifica-se uma pequena expansão da argila, pois o óleo começa a evaporar-se das peças de argila a esta temperatura, no entanto a forma das peças não é alterada devido à adição do pó de pedra. Aos 1 100 °C a argila expande por completo, dando origem a peças de forma esférica. O tempo de residência de argila no forno é de aproximadamente 50 minutos. Na unidade são produzidos 600 m³/dia de argila expandida. Também é de referir que na instalação não existe aproveitamento do calor gerado durante o processo.

O combustível utilizado é fundamentalmente o pet-coque, no entanto é também utilizada nafta, em menores quantidades. De acordo com a informação prestada pelo responsável da instalação, o consumo destes combustíveis poderá aproximar-se de uma razão de 2:1, respectivamente.

A utilização de óleo usado é encarada como uma boa solução para diversificação das fontes de combustível, e também por ser um combustível com maior PCI. Também foi referido durante a visita

que existem vantagens económicas na substituição do pet-coque pelo óleo usado pré-tratado, visto que, uma tonelada de pet-coque custa aproximadamente 145 €, tendo ainda que ser processado antes de alimentar o forno, representando um custo ainda superior enquanto que o óleo usado pré-tratado apresenta valores mais baixos.

Os gases da queima produzidos no processo são recolhidos e encaminhados para um filtro de mangas de limpeza a ar comprimido. As poeiras recolhidas são novamente incorporadas no início do processo.

Existe um sistema de monitorização 24 horas por dia. Os dados recolhidos são tratados por uma empresa externa, e enviados duas vezes ao ano, para a Agência Portuguesa do Ambiente (APA). De acordo com a informação do responsável pela empresa, a emissão de metais pesados encontra-se sempre muito abaixo do valor mínimo permitido, segundo a Portaria n.º 286/93 de 12 de Março que estabelece os valores-limite de emissão (VLE). Também é de referir que a empresa está em fase de preparação para obter as certificações EMAS e ISO 14001.

A manutenção dos vários equipamentos é realizada de acordo com normas de segurança, e a título de exemplo, foi referido que o forno principal é sujeito a uma paragem programada uma vez por ano.

A água utilizada para arrefecimento, bem como para a formação da pasta argilosa provém de uma lagoa situada perto da instalação, tendo a Argex licença de exploração.

A **Figura 4-16** esquematiza o processo descrito. Estão assim sintetizadas as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos do processo da Argex. Estão contemplados todos os processos desde a aquisição do óleo usado pré-tratado das empresas de recolha, armazenamento e pré-tratamento até ao transporte da argila expandida a empresas externas.

A construção deste fluxograma baseou-se na informação disponibilizada pela empresa, assim como, a que foi recolhida ao longo das visitas realizadas no âmbito do projecto ATVOU.

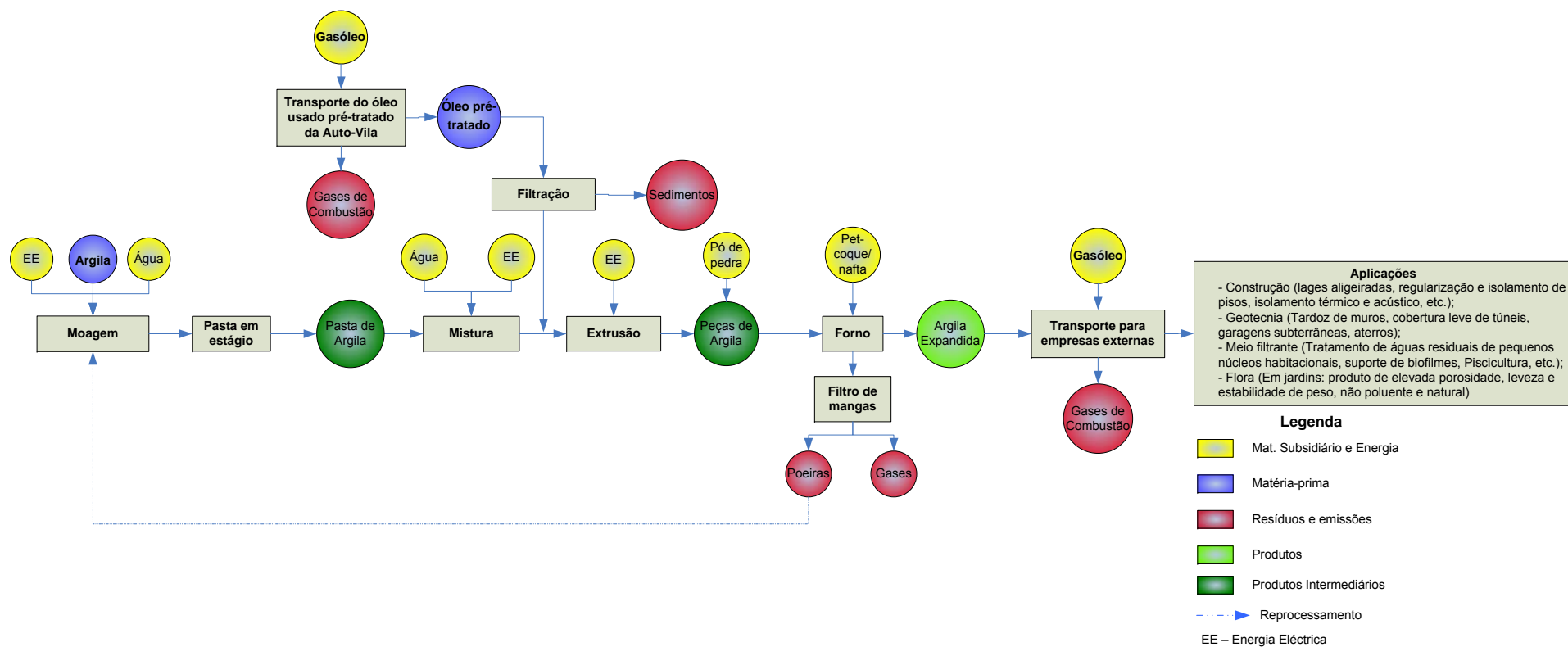


Figura 4-16 – Fluxograma do processo de fabrico de argila expandida com incorporação de óleo usado pré-tratado da empresa Argex

4.2.3.2.2 Enviroil

A Enviroil, criada em 2002, situa-se na zona industrial de Cotôas, em Torres Novas. O seu processo de reciclagem consiste de uma tecnologia que permite a eliminação de componentes tóxicos e perigosos dos óleos usados e a obtenção de um produto similar ao gasóleo (similar-gasóleo) utilizável em motores diesel (Enviroil, 2008).

Semanalmente, a instalação recebe entre 280 a 300 toneladas de óleos lubrificantes usados, o que perfaz, aproximadamente, um total de 15 500 toneladas anuais. As empresas que entregam óleos usados pré-tratados nesta instalação são a Carmona, a Auto-vila e a Correia & Correia. Existe um contrato entre a Enviroil e a SOGILUB de fornecimento de óleo usado pré-tratado durante um período de cinco anos.

À chegada da instalação os veículos com os óleos usados são pesados numa báscula e é recolhida uma amostra para análise, para confirmação das características pretendidas para o óleo usado pré-tratado. São analisadas as concentrações de PCBs, água, sedimentos e ponto de inflamação a cada entrada de carga. Apesar da análise das cargas à entrada, os lotes provenientes da Correia & Correia vêm acompanhados de uma guia com as características dos óleos usados que chegam à instalação. Se a carga apresentar as características adequadas, é armazenada em tanques metálicos de 250 m³ que se encontram inseridos numa bacia de retenção de acordo com regras de segurança internacionais.

Desta forma, o processo inicia com uma etapa de centrifugação para eliminação de água e sedimentos, que se encontram no óleo usado. Por vezes, esta contaminação ocorre devido ao acondicionamento deficiente na etapa de transporte, apesar do óleo recebido ser pré-tratado.

A etapa seguinte consiste num processo de evaporação e destilação. O óleo usado entra no evaporador e sofre um fraccionamento térmico (*thermal cracking*), a cerca de 381°C. O evaporador é aquecido por seis queimadores que são abastecidos com combustível ligeiro e similar-gasóleo, produzidos no próprio processo de tratamento. O processo é descontínuo funcionando 24 horas em aquecimento, seguido de 24 horas de arrefecimento e 6 horas de paragem. Existem cinco linhas de tratamento que funcionam em simultâneo.

Formam-se, nesta fase de evaporação, os seguintes produtos:

- Similar gasóleo – 65% a 70%;
- Combustível ligeiro – 20% a 40%;
- Água oleosa – aproximadamente 5%;
- Torta – aproximadamente 5% (Num ciclo de 40 toneladas de óleo usado, produzem-se aproximadamente 1 500 kg a 2 000 kg de torta).

A fracção sólida, isto é, a torta é constituída por partículas sólidas, aditivos dos óleos lubrificantes, como metais pesados, etc. Este resíduo perigoso vai-se depositando no fundo da evaporadora formando uma barreira térmica que, a partir duma dada espessura, diminui o rendimento do processo tendo que ser removida. A remoção da torta é feita manualmente. Apesar de terem sido adquiridos equipamentos para remoção mecânica, os funcionários optam por continuar a removê-la manualmente por considerarem o trabalho menos moroso e mais simples. A torta é um resíduo que por ter sofrido um tratamento térmico de vitrificação pode, de acordo com o Decreto-Lei nº 152/2002, de 23 de Maio, ser depositada em aterro de resíduos não perigosos. A torta é então depositada num aterro em Leiria com uma frequência de duas a três vezes por mês. Apesar de ser depositado em aterro, é um resíduo com algum potencial térmico, que pode ser aproveitado para outras aplicações, sendo interessante a realização de um estudo neste sentido.

O similar gasóleo e o combustível ligeiro são reutilizados no processo para aquecimento dos queimadores, como foi referido anteriormente. Estes produtos estão separados por um sifão com base na sua densidade. É possível recolher cada um dos seguintes produtos, do menos denso para o mais denso: Similar gasóleo; combustível ligeiro e água (oleosa), respectivamente.

De acordo com o responsável da unidade, o combustível ligeiro produzido é um combustível com baixa densidade e baixo ponto de inflamação (à temperatura ambiente), com poder calorífico semelhante a uma gasolina. O similar gasóleo tem características semelhantes ao gasóleo (Costa, 2008b).

A fracção gasosa que não é condensada é conduzida através de uma chaminé onde são queimados por intermédio de uma tocha, existindo actualmente duas tochas na instalação que funcionam alternadamente e garantem que em caso de avaria ou em período de manutenção os gases nunca sejam lançados directamente para a atmosfera.

A água oleosa resultante da etapa de destilação é armazenada em tanques e é enviada, duas vezes por mês, para tratamento na empresa Correia & Correia.

O controlo do processo é feito com base na temperatura. Baixar a temperatura significa desacelerar a destilação de modo a não possibilitar a passagem de sedimentos para a fase seguinte.

O similar gasóleo é sujeito a um processo de estabilização, seguido de centrifugação e filtração, que têm por função eliminar todas as partículas sólidas de pequena dimensão que ainda existem em suspensão no produto final, obtendo-se assim um produto com elevados padrões de qualidade. Este combustível é utilizado em grupos motor/gerador, equipados com motores diesel marítimos convencionais, para produção de energia, regulado para 800 kW. No entanto, no arranque destes motores é utilizado também gasóleo adquirido no mercado.

A instalação está equipada com três blocos de geração (3+3+4 motores), que funcionam 14 horas por dia, 30 a 31 dias por mês, e nos doze meses do ano. A produção de energia eléctrica é feita apenas nas horas de cheia, durante a noite (nas restantes dez horas) não exportam energia para a rede pública, visto que a remuneração neste horário é baixa e, portanto, não compensa em termos económicos.

Uma parte significativa da energia eléctrica produzida é utilizada na própria instalação, aproximadamente, um terço da energia produzida serve para o consumo interno. Contudo todo o excedente energético produzido, aproximadamente 50 GWh/ano, é exportado para a rede eléctrica nacional (Enviroil, 2008). O similar gasóleo também é vendido para revendedores de gasóleo de aquecimento.

Na **Figura 4-17** pode-se observar os dois produtos do processo (combustível ligeiro e similar gasóleo), bem com o óleo usado pré-tratado e a torta.



Figura 4-17 – Produtos obtidos no tratamento da Enviroil (Fonte: site da Enviroil)

A **Figura 4-18** representa o fluxograma do processo. Estão assim sintetizadas as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos do processo da Enviroil. Estão contemplados todos os processos desde a aquisição do óleo usado pré-tratado das empresas de recolha, armazenamento e pré-tratamento até à utilização do simil-gasóleo nos grupos motogeradores, assim como também se inclui o transporte do combustível ligeiro e simil gasóleo para empresas externas.

A construção deste fluxograma baseou-se na informação disponibilizada pela empresa, assim como, a que foi recolhida ao longo das visitas realizadas no âmbito do projecto ATVOU.

4.2.3.3 Valorização energética

De acordo com o Decreto-Lei nº 153/2003 a valorização energética é definida como a utilização de óleos usados como meio de produção de energia através de processos de incineração, com recuperação adequada do calor produzido. A valorização interna, que é a operação de valorização dos óleos usados no mesmo local onde são produzidos, não está incluída na definição de valorização energética.

Considerando os objectivos de gestão de óleos usados da SOGILUB, a valorização energética dos óleos tratados é realizada em 2 empresas:

- MAXIT, Argilas Expandidas, S.A., e
- GAUAR, *Gestión de Aceites Usados de Aragon, S.L.U* (situada em Espanha).

Durante as visitas realizadas no âmbito do projecto ATVOU, foi visitada apenas a empresa MAXIT. Esta empresa, além de valorizar energeticamente os óleos lubrificantes usados, deveria, também, ser considerada uma empresa de reciclagem, visto que, de forma semelhante ao processo da Argex, o óleo é usado como agente expensor da argila. No entanto, no Relatório de Actividades da SOGILUB (2007), a entidade gestora considera esta empresa apenas como unidade de valorização energética. No mesmo relatório consta que, pelo facto de não existirem dados rigorosos sobre a quantidade de óleos usados que são incorporados na argila como matéria-prima, as quantidades de óleos usados reciclados no processo de fabrico de argilas expandidas foram contabilizadas no item da valorização energética. Por motivos não mencionados, a SOGILUB, refere no relatório que cessou o fornecimento de óleo usado tratado à MAXIT no início do terceiro trimestre de 2007.

Na **Tabela 4-9**, apresentam-se as quantidades de óleos tratados valorizadas energeticamente no SIGOU durante o ano de 2007, distinguindo cada uma das referidas empresas.

Tabela 4-9 – Quantidade de óleos pré-tratados valorizados energeticamente (SOGILUB, 2007)

Empresa	Quantidades valorizadas energeticamente (t)
MAXIT	2 202
GAUAR	829
Total	3 031

4.2.3.3.1 Maxit

A MaxitGroup é uma empresa com três unidades industriais. A unidade visitada, ou seja, a Unidade Industrial de Argila Expandida (anteriormente LECA PORTUGAL, Argilas Expandidas, S.A. e ainda Maxit – Argilas Expandidas, S.A.) fabrica e comercializa agregados leves de argila expandida com a Marca Registada Leca®, na sua unidade industrial em Avelar, distrito de Leiria, desde 1989. Existem ainda duas outras unidades: Unidade Industrial de Prefabricação que produz componentes de lajes estruturais de Betão Leca® e a Unidade Industrial de Argamassas que produz componentes pré-misturados à base de cimentos.

A Maxit é caracterizada como unidade de reciclagem de óleos lubrificantes usados. O óleo usado é uma matéria-prima no processo de produção da argila expandida, servindo como agente expensor durante a fase de cozedura do produto e é, ainda, utilizado como combustível nos fornos de cozedura.

A unidade recebe semanalmente 50 a 60 toneladas de óleos lubrificantes usados pré-tratados, dos quais 55% desta quantidade é usada como combustível e a quantidade restante é usada como agente expensor. O óleo lubrificante pré-tratado é fornecido pela empresa Correia & Correia.

O procedimento de recepção das cargas de óleo usado prevê:

- a) Pesagem do veículo em báscula à entrada e saída da instalação;
- b) Recolha de uma amostra para determinação do Poder Calorífico Inferior (PCI) e percentagem de água;

- c) Aceitação da carga em conformidade com os requisitos estabelecidos pela Maxit (o teor máximo admissível de água é 3-4%, se não estiver conforme o lote é devolvido à empresa Correia & Correia);
- d) A trasfega do óleo para um depósito de armazenamento.

Se o lote estiver conforme as especificações da MAXIT, é armazenado para posterior utilização.

A primeira etapa do processo consiste na moagem da argila com adição simultânea de água. Desta fase resulta uma pasta de argila que fica em estágio durante 2 a 3 dias. Após este período de repouso, numa segunda etapa, a pasta de argila é misturada e é-lhe adicionada água. Quando a pasta se encontra homogénea e com uma consistência adequada é enviada por um tapete transportador até à etapa de extrusão.

Durante o transporte da pasta de argila, da etapa de mistura para a etapa de extrusão, adiciona-se o óleo usado pré-tratado à razão de 0,5-1,5% da massa total de argila em processamento, sendo normalmente utilizado o valor de 1%. De acordo, com a Maxit é possível usar também óleo lubrificante virgem na expansão da argila.

Os dois fornos por onde são conduzidas as peças de argila são aquecidos, a 1 300 °C através de uma mistura de óleo *fuel* (comprado nas refinarias a preço mais baixo), pet-coque, biomassa (resíduos florestais compradas ao m³), águas oleosas (quer as produzidas na unidade quer as que são adquiridas de outras empresas) e óleo usado. Os combustíveis utilizados em maiores quantidades na unidade são o pet-coque e o *fuel*. Porém, o *fuel* tem a desvantagem de formar coque que entope as tubagens e que é um material cuja ignição se consegue apenas em condições extremas. O óleo lubrificante, por sua vez, é um excelente combustível visto que tem um elevado poder de ignição. Segundo a Maxit, a nível de queima é um combustível tão perigoso como qualquer outro, porém, deve evitar-se a sua deposição no ambiente devido ao seu alto poder contaminante.

De acordo com o responsável da MAXIT, a empresa encontra-se licenciada para queimar óleos lubrificantes usados pré-tratados. O processo de licenciamento depende da adaptação a dois diplomas: o Decreto-Lei 194/2000, que regula a prevenção e o controlo da poluição e implica a emissão da licença ambiental; e o Decreto-Lei 85/2005, que estabelece as regras da incineração e co-incineração). Segundo o director da Maxit, este é um processo moroso e complicado.

A **Figura 4-19** esquematiza o processo descrito. Estão contemplados neste fluxograma todas as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos do processo da Maxit. São ainda considerados todos os processos desde a aquisição do óleo usado pré-tratado das empresas de recolha, armazenamento e pré-tratamento até ao transporte da argila expandida para empresas externas.

A construção deste fluxograma baseou-se na informação recolhida ao longo das visitas realizadas no âmbito do projecto ATVOU.

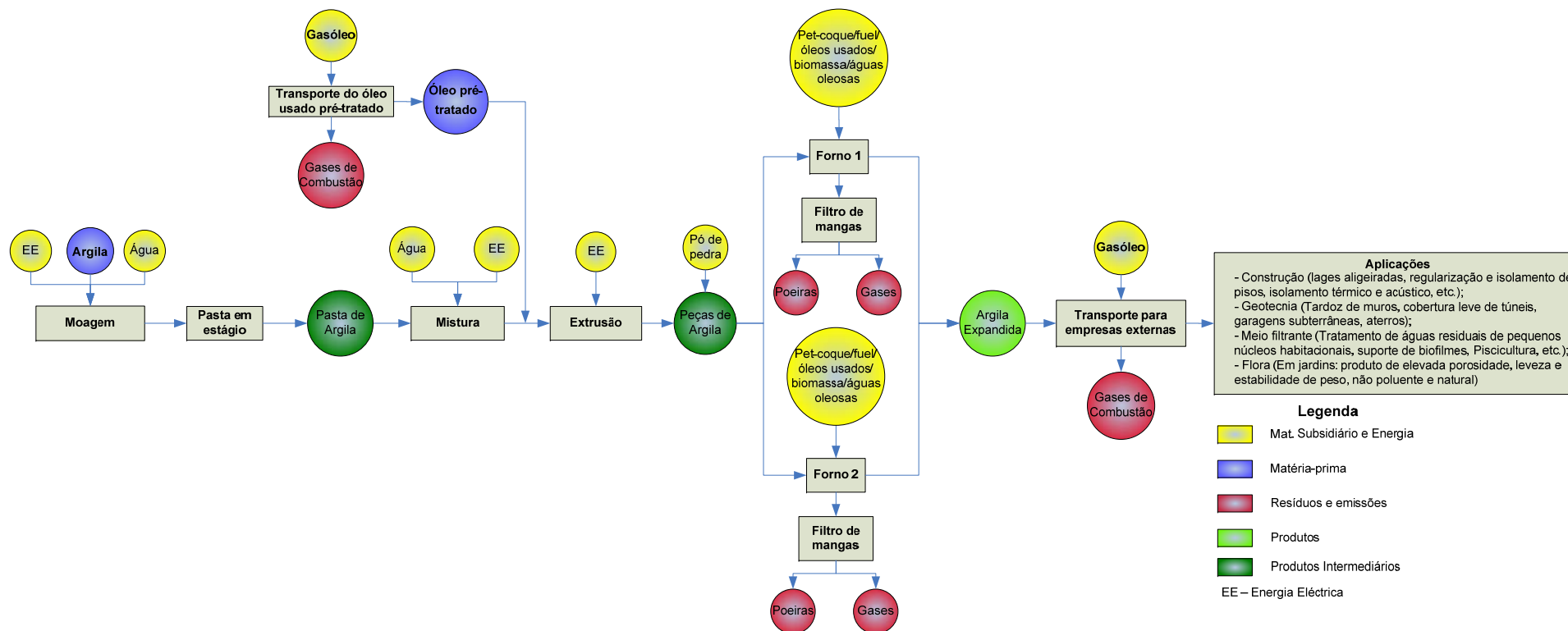


Figura 4-19 – Fluxograma do processo de fabrico de argila expandida com incorporação de óleo usado pré-tratado da empresa Maxit

4.2.3.4 Regeneração

O Decreto-Lei nº 153/2003 considera a regeneração como a operação de refinação de óleos usados com vista à produção de óleos de base, que implique, nomeadamente, a separação dos contaminantes, produtos de oxidação e aditivos que esses óleos usados contenham. O Decreto-Lei referido assume como objectivo prioritário a prevenção da produção destes resíduos, seguida da regeneração e de outras formas de reciclagem e de valorização.

Para assegurar os objectivos de regeneração fixados no Despacho Conjunto n.º662/2005, de 6 de Setembro, a SOGILUB assinou contratos com duas empresas espanholas para fornecimento de óleos usados tratados para regeneração:

- AURECAN, *Aceites Usados y Recuperación Energética de Andalucía*, pertencente à sociedade TRACEMAR, *Tratamientos de Aceites y Marpoles*, S.L.U., integrante do grupo BEFESA, e
- GAUAR, *Gestión de Aceites Usados de Aragón*, S.L.U.

O processo de regeneração de óleos tratados assenta, genericamente, na realização das seguintes etapas: tratamento químico, com adição de reagentes; extracção do hidrocarboneto com propano líquido; recuperação do solvente utilizado e destilação em vácuo para obtenção de bases lubrificantes.

Os resultados da regeneração de óleos tratados durante o ano 2007 encontram-se sintetizados na tabela seguinte.

Tabela 4-10 – Quantidade de óleos pré-tratados regenerados (SOGILUB, 2007)

Empresa	Quantidades regeneradas (t)
TRACEMAR	8 134
GAUAR	1 513
Total	9 647

No âmbito do projecto ATVOU, foi visitada apenas a instalação de regeneração da Tracemar. De seguida, é apresentada uma descrição do processo.

4.2.3.4.1 Tracemar

A instalação da Tracemar encontra-se localizada em Palos de la Frontera (Huelva). A unidade de tratamento dos óleos usados foi construída em 1992, mas, a unidade de regeneração teve a sua concepção em 2003. A Tracemar possui três empresas de regeneração de óleos usados. Incluindo a de Huelva, estas unidades possuem sistemas para gerar energia tanto para as suas instalações como para a rede pública. Na instalação visitada, apesar de existirem dois motores de grandes dimensões (antigos motores de navios) para gerar energia, estes estão actualmente inactivos, não gerando nem energia para a planta, nem para a rede pública.

Desta forma, a Tracemar de Huelva é uma planta com 14 000 m² de área que é apenas utilizada para regeneração dos óleos usados, tendo regenerado 30 000 toneladas em 2007, sendo 8 000 toneladas provenientes de Portugal continental. O óleo usado pré-tratado transportado de Portugal está a cargo da Correia & Correia e a Carmona. Todo o óleo usado pré-tratado proveniente de Portugal é acompanhado de uma guia de transporte sabendo-se assim as características do óleo usado pré-tratado. Todo o óleo usado que é recolhido em Espanha tem que ser analisado, uma vez que este óleo usado não é acompanhado por uma guia de transporte com a designação e composição química do resíduo, tal como acontece com o óleo proveniente de Portugal.

O óleo é pesado à entrada da instalação e realizam-se alguns ensaios como o de saponificação e, ainda, testes para quantificar sedimentos, água, PCBs. Se o óleo não vem com os parâmetros correctos, como, por exemplo, mais de 50 ppm de PCBs ou níveis elevados de cloro, é então reencaminhado para outras instalações de tratamento em França ou Itália. Se o óleo está conforme as especificações técnicas da Tracemar, os vários tipos de óleos que se encontram inicialmente misturados, visto as empresas de recolha não fazerem nenhum tipo de separação, são

descarregados por tipologia (dependendo dos teores em água, PCBs, etc.) em tanques de armazenamento com 135 m³ de capacidade.

De seguida, os óleos sofrem um processo de desmetalização passando através de reactores que se encontram a temperaturas de 140° C. O óleo desmetalizado é, em seguida, desidratado através de um processo de *stripping*, onde também são retirados alguns compostos leves e vapor de água, sendo a capacidade térmica deste reaproveitada para o sistema.

O produto passa, de seguida por um processo de decantação, separando-se o óleo do resto da água, à temperatura de 60 °C, num decantador de 70 m.

O óleo passa, então, por uma etapa de centrifugação onde são retirados os sedimentos e água oleosa ainda existentes, por acção da força centrífuga. O óleo poderá, nesta fase, sofrer ainda um pós-tratamento com terra e diatomáceas.

Por fim, o óleo lubrificante passa por uma coluna de destilação com 20 m de altura e 150 m³ de capacidade, que se encontra a 350 °C e a 8-9 torr de pressão. Esta coluna é aquecida através de um forno alimentado a óleo *fuel* que se encontra a uma temperatura de 130 °C. Na coluna dá-se a separação dos principais componentes do óleo lubrificante, sendo eles, do menos denso para o mais denso, os seguintes: a nafta, que se encontra na camada superior da coluna; as três fracções de óleo base, na camada superior o óleo base do tipo SN-80, seguindo-se na camada inferior o óleo base SN-150 e, por fim, na última camada o óleo base SN-350; e a componente asfáltica, a qual, como é a mais densa, se encontra no fundo da coluna. Cada um destes componentes é extraído de acordo com a sua densidade. É importante que esta coluna de destilação esteja a funcionar correctamente, de forma a produzir menos componente asfáltica viscosa para se obter mais óleo base.

O controlo de qualidade do óleo base final, (apenas é efectuado aos óleos base SN-150 e SN-350) incluem a viscosidade, o PCI, o ponto de inflamação, a água, a acidez, a basicidade e a cor.

Após as análises, os diferentes tipos de óleo base são armazenados para poderem ser vendidos aos clientes espanhóis. O valor a que é vendido o óleo base depende da sua qualidade. Para além de Espanha vendem óleo base também para outros países, como: a Holanda, a Itália e a China. Em Espanha, muitos dos clientes são empresas que compram o óleo base regenerado e misturam-no com os aditivos necessários para produzirem óleos lubrificantes novos, prontos a serem comercializados, como óleo lubrificante de marca “branca”. A existência deste mercado é fundamental para a viabilidade da unidade de regeneração.

Na **Figura 4-20** apresenta um fluxograma que descreve todas as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos do processo da Tracemar. São ainda considerados todos os processos desde a aquisição do óleo usado pré-tratado das empresas de recolha, armazenamento e pré-tratamento até ao transporte do óleo base para empresas externas que transformarão este produto em óleo lubrificante através de aditivos.

A construção deste fluxograma baseou-se na informação recolhida ao longo das visitas realizadas no âmbito do projecto ATVOU.

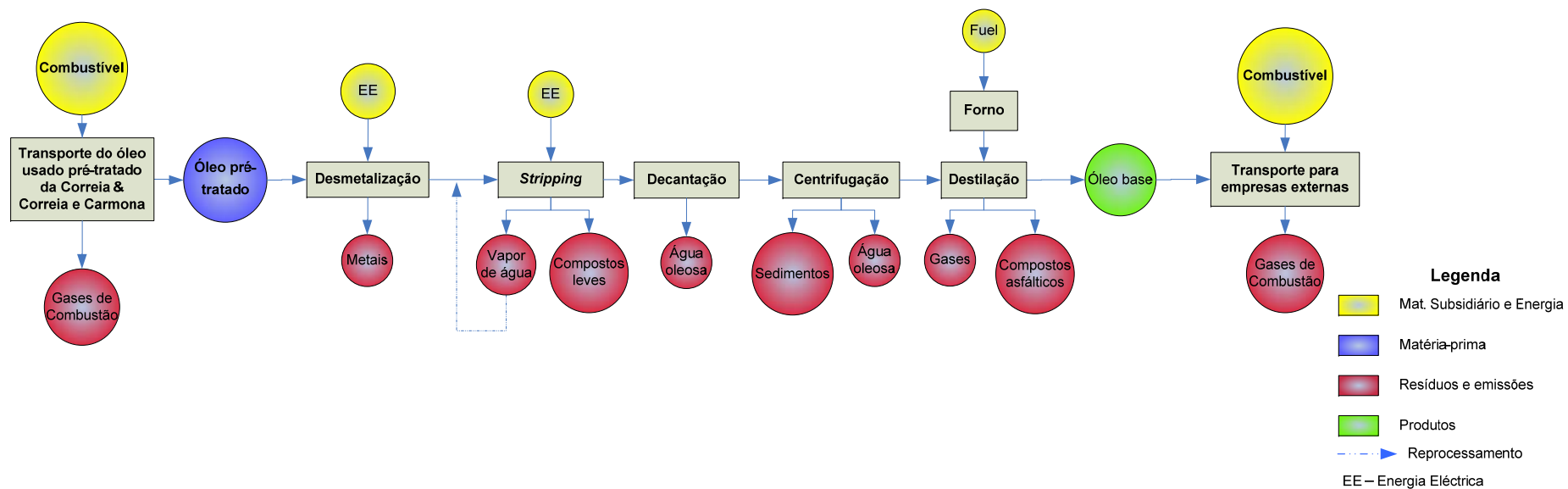


Figura 4-20 – Fluxograma do processo de regeneração da empresa Tracemar

4.2.4 Resultados da recolha de dados

Após as visitas às diversas instalações, foi possível, construir inventários das matérias-primas, materiais subsidiários, emissões, resíduos, produtos e co-produtos para algumas empresas visto que responderam aos inquéritos apenas três das seis instalações visitadas.

4.2.4.1 Carmona

A **Figura 4-21** apresenta um diagrama síntese das entradas e saídas ambientais para o processo de pré-tratamento da empresa Carmona.

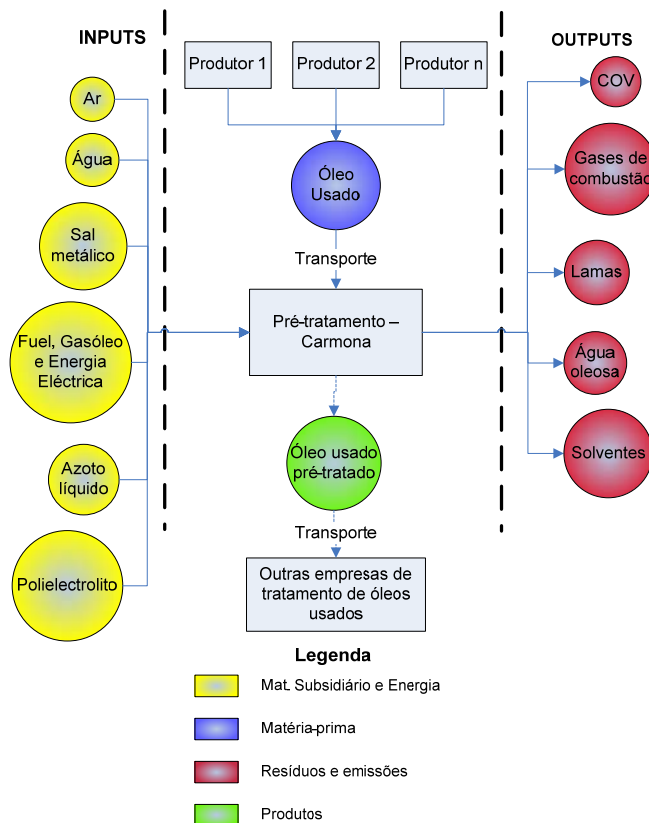


Figura 4-21 – Diagrama síntese dos *inputs* e *outputs* do processo de pré-tratamento da Carmona.

A empresa foi contactada a 1 de Outubro e 12 de Novembro de 2008. Porém, apenas respondeu parcialmente ao segundo questionário enviado, sendo apenas possível construir o fluxograma do processo. Porém, não é possível disponibilizar os dados quantitativos que permitem construir tabelas de balanços de massa. Em futuros estudos desenvolvidos dentro da área, será ideal recolher dados relativos a várias empresas de recolha, armazenamento e pré-tratamento de óleos usados, tanto em Portugal continental, como nas regiões Autónomas. Contudo, também é possível utilizar os dados fornecidos pela empresa Correia & Correia que podem servir como modelo para as outras empresas de pré-tratamento consideradas no âmbito do projecto ATVOU. No entanto, o modelo de ACV construído poderá não ser robusto.

4.2.4.2 Correia & Correia

A **Figura 4-22** apresenta um diagrama síntese das entradas e saídas ambientais para o processo de pré-tratamento da empresa Correia & Correia.

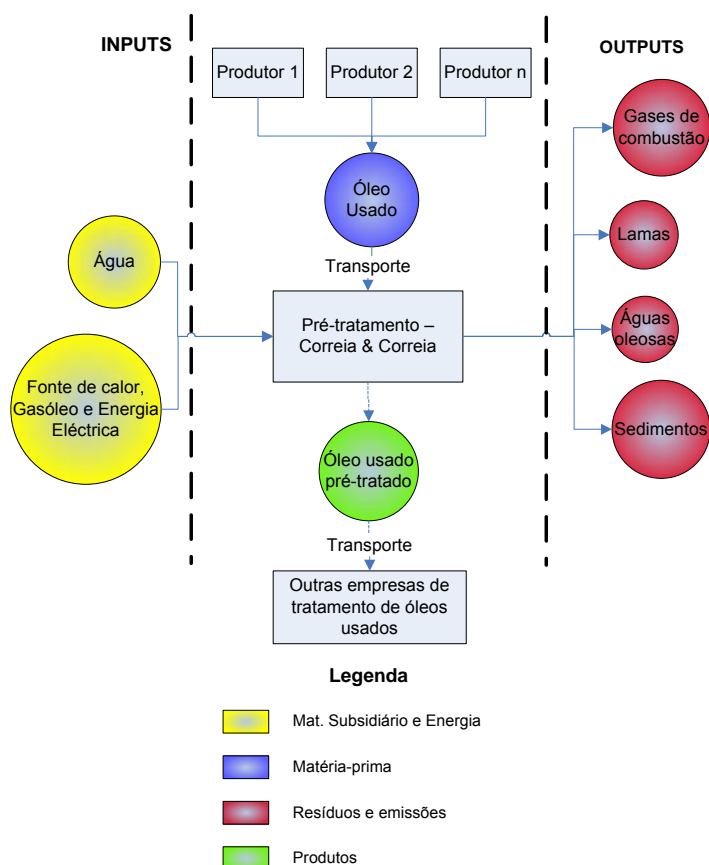


Figura 4-22 – Diagrama síntese dos *inputs* e *outputs* do processo de pré-tratamento da Correia & Correia

As **Tabelas 4-11** e **4-12** apresentam ainda os dados disponibilizados pela Correia & Correia, relativamente às quantidades de matérias-primas e materiais subsidiários utilizados para o processo, assim como, os resíduos, emissões e produtos resultantes do processo.

Tabela 4-11 – Entradas de matérias-prima, materiais subsidiários e energia da Correia&Correia, para o ano de 2007 (Costa, 2008a)

	Unidade	Quantidade
Matéria-prima		
Óleo usado pré-tratado	t/ano	13 200
Materiais subsidiários e Energia		
Energia eléctrica (EE)	kWh/ano	173 600
Gasóleo (de aquecimento)	l/ano	206 500

Tabela 4-12 – Saídas de resíduos, emissões, produtos e co-produtos da Correia&Correia, para o ano de 2007 (Costa, 2008a)

	Unidade	Quantidade
Resíduos e Emissões		
Vapor de água + Água oleosa + Sedimentos + Lamas	t/ano	1 400
Produtos e Co-produtos		
Óleo usado pré-tratado	t/ano	11 800

4.2.4.3 Argex

A **Figura 4-23** apresenta um diagrama síntese das entradas e saídas ambientais para o processo de reciclagem da empresa Argex.

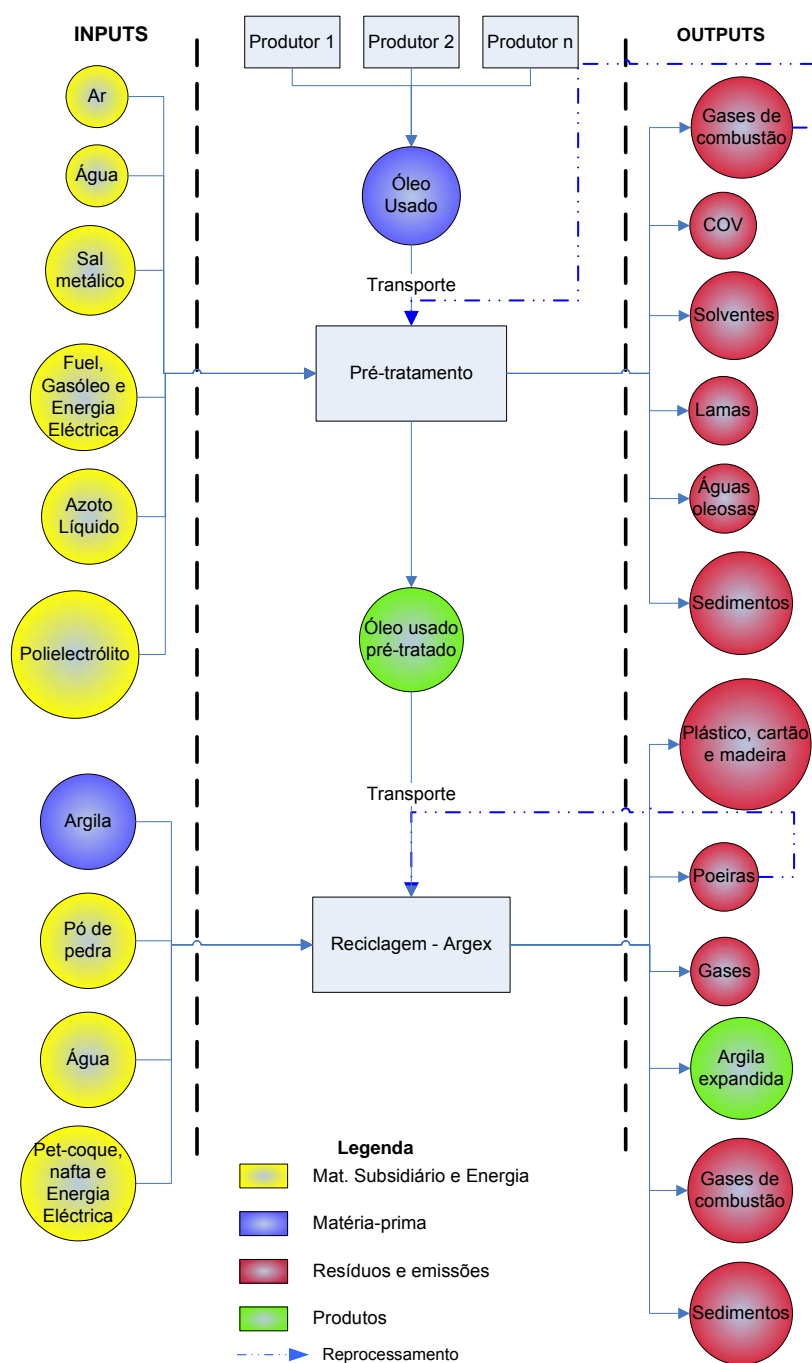


Figura 4-23 – Diagrama síntese dos *inputs* e *outputs* do processo de reciclagem da Argex

As **Tabelas 4-13** e **4-14** apresentam ainda os dados disponibilizados relativamente às quantidades de matérias-primas e materiais subsidiários utilizados para o processo, assim como, os resíduos, emissões e produtos resultantes do processo.

Tabela 4-13 – Entradas de matérias-prima, materiais subsidiários e energia da Argex, para o ano de 2007 (Costa, 2008c)

	Unidade	Quantidade
Matéria-prima		
Argila	t/ano	88 000
Óleo usado pré-tratado		1 144
Materiais subsidiários e Energia		
Energia eléctrica (EE)	kWh/ano	2 793 817
Pet-Coque	t/ano	4 795
Nafta		631
Água	m³/ano	2 864
Pó de Pedra	kg/ano	25 112

Tabela 4-14 – Saídas de resíduos, emissões, produtos e co-produtos da Argex, para o ano de 2007 (Costa, 2008a)

	Unidade	Quantidade
Resíduos e Emissões		
Plástico	t/ano	3 500
Cartão		250
Madeira		2 500
Óleos usados		0,600
Produtos e Co-produtos		
Argila Expandida	t/ano	150 000

4.2.4.4 Envirol

A **Figura 4-24** apresenta um diagrama síntese das entradas e saídas ambientais para o processo da empresa Envirol.

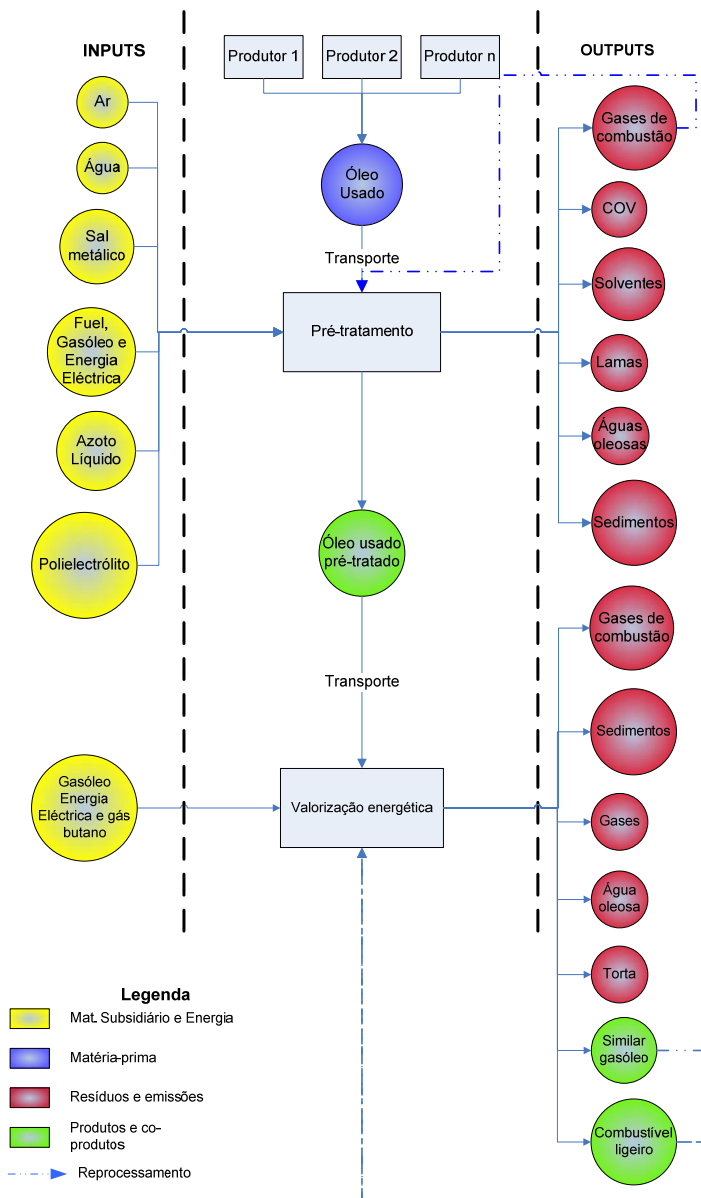


Figura 4-24 – Diagrama síntese dos *inputs* e *outputs* do processo de valorização energética e reciclagem da Envirol

As **Tabelas 4-15** e **4-16** apresentam ainda os dados disponibilizados relativamente às quantidades de matérias-primas e materiais subsidiários utilizados para o processo, assim como, os resíduos, emissões, produtos e co-produtos resultantes do processo. Em estudos futuros será necessário recorrer à alocação de co-produtos de forma a obter um modelo de ACV robusto.

Tabela 4-15 – Entradas de matérias-prima, materiais subsidiários e energia da Enviroil, para o ano de 2007 (Costa, 2008b)

	Unidade	Quantidade
Matéria-prima		
Óleo usado pré-tratado	t/ano	15 414
Materiais subsidiários e Energia		
Energia eléctrica (EE)	kWh/ano	38 216
Similar gasóleo	t/ano	920
Gasóleo (para arranque dos motores)		240

Tabela 4-16 – Saídas de resíduos, emissões, produtos e co-produtos da Enviroil, para o ano de 2007 (Costa, 2008b)

	Unidade	Quantidade
Resíduos e Emissões		
Vapor de água	m³/ano	0
Água oleosa	t/ano	720
Torta		382
Sedimentos		s.d.
Gases		s.d.
Produtos e Co-produtos		
Energia eléctrica (EE)	kWh/ano	s.d.
Combustível ligeiro	t/ano	780
Similar gasóleo		9 181

4.2.4.5 Maxit

A **Figura 4-25** apresenta um diagrama síntese das entradas e saídas ambientais para o processo de reciclagem e valorização energética da empresa Maxit.

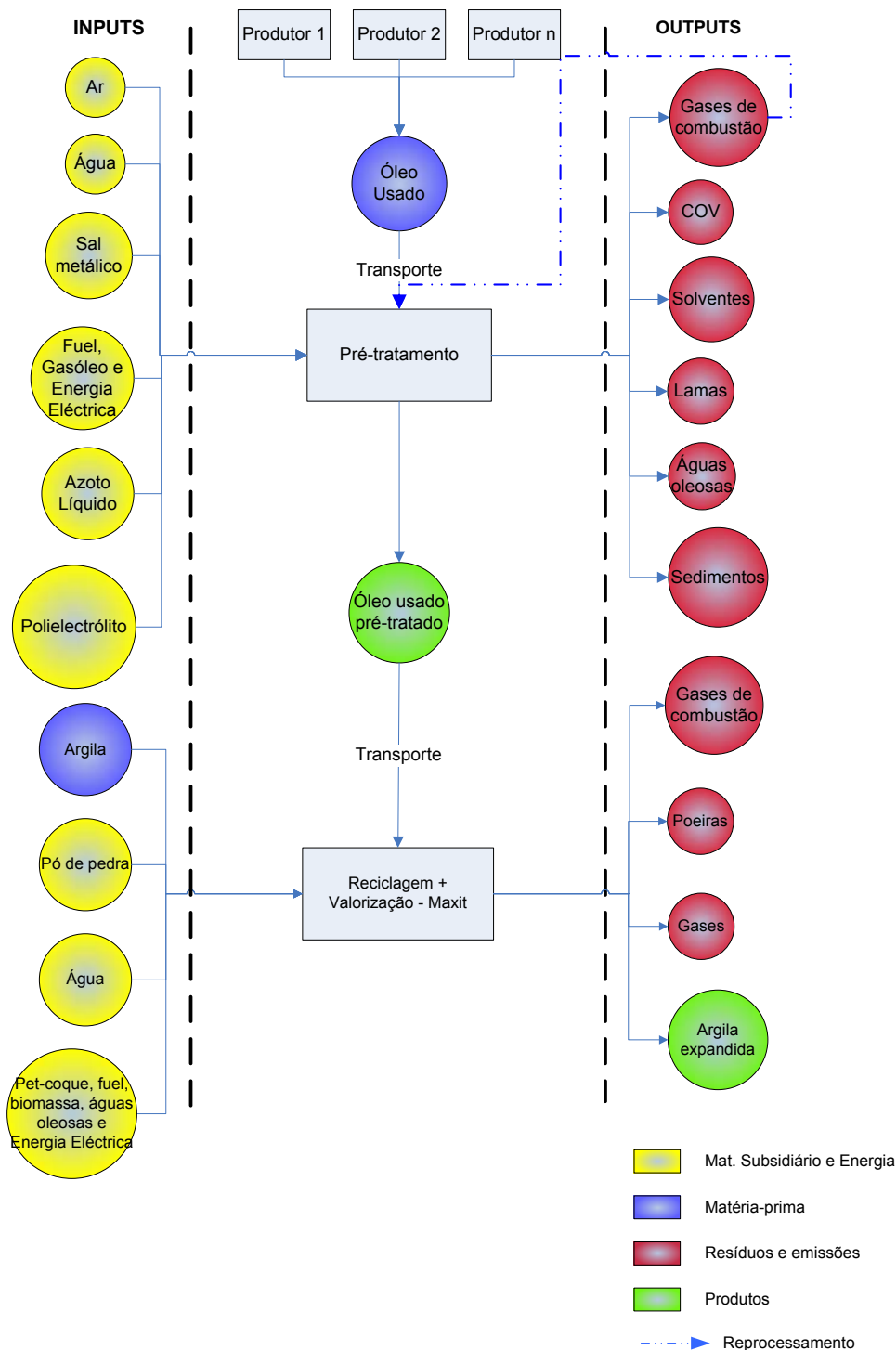


Figura 4-25 – Diagrama síntese dos *inputs* e *outputs* do processo de reciclagem e valorização energética da Maxit

A empresa foi contactada a 10 de Outubro e 12 de Novembro de 2008. Porém não respondeu a nenhum dos questionários enviados não sendo, por isso, possível disponibilizar os dados quantitativos para o balanço de massas desta empresa. Em futuros estudos desenvolvidos dentro da área, será ideal recolher dados quantitativos desta empresa, no entanto, também é possível utilizar os dados fornecidos pela empresa Argex que utiliza um processo semelhante ao da Maxit para produzir argila expandida. Contudo, o modelo de ACV construído poderá não ser robusto, visto que o quantitativo de óleos usados utilizados neste caso, poderá ser maior que no caso da Argex (a maxit valoriza os óleos usados além de reciclá-los apenas, como é o caso da Argex).

4.2.4.6 Tracemar

A **Figura 4-26** apresenta um diagrama síntese das entradas e saídas ambientais para o processo de regeneração da empresa Tracemar.

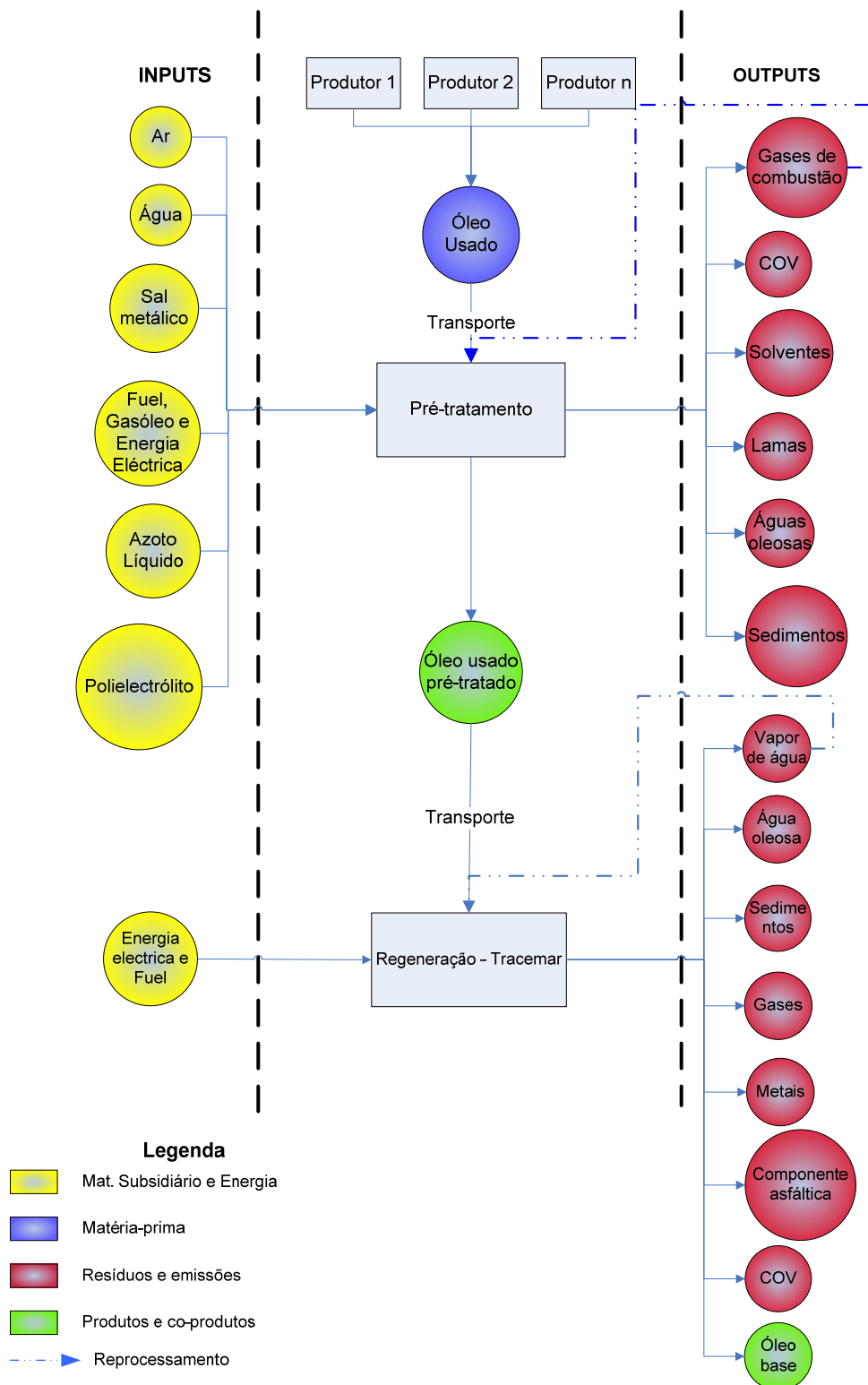


Figura 4-26 – Diagrama síntese dos *inputs* e *outputs* do processo de regeneração da Tracemar

A empresa foi contactada a 15 de Outubro e 12 de Novembro de 2008. Porém não respondeu a nenhum dos questionários enviados não sendo, por isso, possível disponibilizar os dados quantitativos para o balanço de massas desta empresa. Em futuros estudos desenvolvidos dentro da área, será ideal recolher dados quantitativos relativos a esta empresa e/ou à GAUAR, para possibilitar a avaliação do desempenho ambiental da opção de regeneração.

4.3 SÍNTESE E CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 4

As principais conclusões para este capítulo encontram-se resumidas nos seguintes pontos:

- Nos estudos encomendados pela Comissão Europeia estão contempladas duas opções para o tratamento de óleos lubrificantes usados: tratamento dos óleos usados com destino à reutilização ou à regeneração e tratamento dos óleos usados com destino à valorização energética;
- Existem diversas tecnologias de regeneração, não sendo, por isso possível construir apenas um fluxograma do processo à semelhança dos outros processos abordados;
- Nos fluxogramas construídos, tanto no caso de estudo europeu, como no caso de estudo português, estão descritas as entradas de matéria-prima, materiais auxiliares e energia e as saídas de produtos, co-produtos, emissões e resíduos. Estão contemplados todos os processos desde a aquisição do óleo usado dos seus produtores até ao transporte dos produtos e co-produtos aos destinos finais. Inclui-se ainda, em alguns casos, o tratamento dado aos resíduos e emissões. No entanto, para estudos futuros, nem todas as fases ou etapas necessitam de estar incluídas. No caso em que se comparam dois cenários, poderá excluir-se as etapas comuns entres os processos. Também é possível excluir etapas que têm impactes insignificantes comparativamente com os processos industriais em si (como o caso do transporte dos óleos usados ou dos produtos, co-produtos e resíduos), sendo sempre necessário recorrer a análises de sensibilidade de forma a obter-se modelos de ACV robustos;
- No caso de estudo português encontram-se descritos os processos de reciclagem, regeneração e valorização energética, contemplados no âmbito da SOGILUB. Contudo, esta entidade considera que a Maxit é uma empresa apenas de valorização energética e a Enviroil uma empresa apenas de Reciclagem. Porém, a Maxit incorpora os óleos usados no processo para produzir argila expandida tornando-a, de acordo com a legislação em vigor (Decreto-Lei n.º 153/2003), uma empresa de reciclagem e a Enviroil utiliza os óleos usados para produzir energia eléctrica em motogeradores, devendo esta empresa ser considerada pela SOGILUB, de acordo com o mesmo documento legal, como uma empresa de valorização energética;
- Foi ainda possível expor alguns dados fornecidos por algumas das empresas contactadas no âmbito da SOGILUB. Porém, a escassez de dados, tanto a nível das indústrias como a nível bibliográfico, não permitiu concluir a etapa de ICV neste estudo. Desta forma, os resultados deste estudo demonstram a importância da quantidade e da especificidade dos dados adquiridos num estudo de ACV.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

5.1 CONCLUSÕES

Como se pode concluir pelos estudos referidos no presente trabalho relativos às ACV aplicados a resíduos e óleos usados, a ACV é uma ferramenta útil no processo de tomada de decisão que possibilita uma compreensão dos impactes ambientais e dos impactes na saúde humana. Esta informação valiosa fornece uma forma de considerar todos os impactes ambientais das decisões, especialmente aquelas que são directamente influenciadas pela selecção de um produto ou processo. É uma ferramenta que deve ser complementada com outros critérios de decisão tais como custo e *performance* para tomar uma decisão equilibrada.

No entanto, e devido às variadas limitações deste instrumento, torna-se difícil aplicá-lo. Como foi possível concluir com a realização do projecto ATVOU, a realização de um estudo de ACV pode ser muito morosa e requerer uma base de dados muito extensa. A recolha de dados torna-se problemática quanto mais elevada for a exigência no rigor e precisão dos dados adquiridos. Deste modo, os recursos financeiros, a disponibilidade de dados e o tempo necessário para conduzir o estudo devem ser balanceados com os benefícios previsíveis do estudo.

Outra desvantagem da ferramenta ACV, que também se verificou com o decorrer do projecto ATVOU, relaciona-se com o nível de cooperação que é necessário estabelecer com as entidades responsáveis pelas indústrias envolvidas no estudo em causa. Existe ainda uma falta de consciencialização, da parte das entidades e industriais que valorizam os óleos usados, sobre os impactes ao longo do ciclo de vida das suas actividades e sobre o *life cycle thinking* (ideologia da ACV), que atrasa o processo da disponibilização de dados. Nos anexos do estudo *Critical review of existing studies and life cycle analysis on the regeneration and incineration of waste oils*, encomendado pela Comissão Europeia, encontram-se dados quantitativos relativos ao sistema de gestão de óleos usados de treze países da Europa, incluindo Portugal. Já neste estudo, realizado em 2001, em que se afirma existir uma grande lacuna a nível da informação (*lots of missing information*), verificou-se a falta de disponibilização de dados por parte de Portugal, ao contrário dos restantes países analisados.

Também a confidencialidade dos dados, representa em muitos estudos, tal como no projecto ATVOU, um obstáculo ao acesso aos dados específicos. Existiu alguma reserva por parte das entidades em fornecer todos os dados requeridos através dos questionários, demonstrando falta de transparência na actividade do sector. Estes obstáculos pesaram na conclusão do projecto ATVOU, não sendo por isso possível ultrapassar a etapa de ICV, imprescindível para a construção das bases de uma ACV robusta.

Porém, com as visitas às instalações e com apoio de dados bibliográficos foi possível construir os fluxogramas dos processos existentes tanto em Portugal como na Europa. Estes fluxogramas e alguns dos dados disponibilizados pelas diversas empresas que integram o SIGOU, servem como modelos para a construção de futuras ACV relativas ao assunto. Tal como é normal no processo de construção de diagramas de fluxo na etapa de ICV, estão descritas as entradas de matérias-primas, materiais subsidiários e energia e as saídas de resíduos, emissões, produtos e co-produtos envolvidos em cada processo, desde a aquisição do óleo usado a partir dos respectivos produtores até à entrega dos óleos usados no local de destino. Os transportes dos óleos usados e dos produtos e co-produtos derivados também são considerados nos fluxogramas e, nos casos em que se obteve informação suficiente, incluem-se os processos de tratamento dos resíduos e emissões provindos dos processos.

É importante compreender que cada estudo ACV é um caso diferente, sendo que os fluxogramas construídos pretendem apenas constituir *“building-blocks”* que poderão ser utilizados como elementos para a realização de estudos de ACV em situações específicas

5.2 RECOMENDAÇÕES FUTURAS

A escassez de dados não permitiu a conclusão do estudo, servindo, por isso, este trabalho apenas como base para futuros desenvolvimentos na área. Desta forma, torna-se necessário ultrapassar as lacunas de dados identificadas, sendo desejável o desenvolvimento de estudos e a recolha

sistemática de informação que permita confirmar os dados quantitativos adquiridos no decorrer do projecto ATVOU. Será portanto, imprescindível maior envolvimento e transparência das empresas do sector, de forma a se obter mais dados tanto qualitativos como quantitativos, e assim, possibilitar a conclusão do estudo que permitirá uma maior compreensão das falhas do sistema.

Porém, é possível, por comparação com os sistemas de gestão de outros países, fazer algumas recomendações futuras ao SIGOU em Portugal. Assim, por exemplo, efectuar a recolha selectiva (de acordo com a qualidade) de óleo usado, nos PrOU, à semelhança de países como a Alemanha, pode facilitar na contabilização dos diferentes tipos de óleos usados gerados. Esta prática também pode melhorar o sistema de gestão na medida em que os óleos usados são tratados de acordo com a qualidade, havendo óleos que necessitam de tratamento com maior extensão e outros (de melhor qualidade) que podem ser directamente utilizados nos processos que integram o SIGOU. Também, a colocação de depósitos de recolha de óleos usados em diversos locais, como garagens, estações de serviço, eco-pontos, pontos de venda de óleos lubrificantes novos e inclusivamente nas autoridades locais representa uma medida de incentivo ao público para depositar em locais próprios os óleos lubrificantes usados, tentando, desta forma, diminuir a deposição ilegal dos mesmos e dos quantitativos de óleos usados não contabilizados.

Em estudos futuros baseados no presente trabalho será importante definir o âmbito do estudo, isto é, fronteiras do sistema, pressupostos, limitações, distribuição das emissões, critério de exclusão e critério de qualidade dos dados.

Assim, nos fluxogramas construídos os processos industriais estão descritos desde a aquisição dos óleos usados dos seus produtores (berço) até ao transporte dos mesmos ao local de destino (túmulo), estando ainda incluídos os transportes dos óleos usados. São ainda admitidos processos externos, como a produção de energia eléctrica e de certos combustíveis. Idealmente deve incluir-se, nos limites do sistema, alguns processos externos, tais como, obtenção de energia eléctrica e combustíveis e ainda deposição em aterro, e/ou tratamento de águas residuais e outros resíduos e emissões tratados em empresas externas. Poderão excluir-se das fronteiras do sistema, como forma de o simplificar, algumas etapas que sejam comuns a todos os processos, tal como não se incluem, nestes fluxogramas, as fases de produção e uso do óleo lubrificante, visto que, os impactes ambientais para estas duas etapas são iguais para todos os cenários que serão estudados. Também é possível excluir etapas que têm impactes insignificantes comparativamente com os processos industriais em si (como o caso do transporte dos óleos usados ou dos produtos, co-produtos e resíduos), sendo sempre necessário recorrer a análises de sensibilidade de forma a obter-se modelos de ACV robustos. É necessário ter em conta que, nos fluxogramas construídos, as fronteiras temporais estão definidas para o ano de 2007, e as fronteiras geográficas cobrem a recolha dos óleos usados em Portugal continental, indo até aos processos que ocorrem em Espanha, como a regeneração, contudo o sistema de gestão de óleos usados em Portugal poderá alterar-se à data de aplicação destes fluxogramas, sendo talvez necessário alterar estas fronteiras.

À semelhança dos estudos de ACV referidos no presente trabalho, em que foram seleccionados vários cenários por forma a comparar as várias opções de recuperação ou valorização dos óleos usados, pode ser interessante realizar um estudo para Portugal em que se comparem os cenários seguintes:

- **Cenário 1 – Óleos lubrificantes usados com destino à incineração**
 - Cenário 1.1 – Óleos lubrificantes usados como combustível na reciclagem
 - Cenário 1.2 – Óleos lubrificantes usados como combustível na valorização energética
- **Cenário 2 – Óleos usados com destino à regeneração**
 - Cenário 2.1 – Óleos lubrificantes usados com destino à GAUAR
 - Cenário 2.2 – Óleos lubrificantes usados com destino à Tracemar

Seria assim, interessante, comparar estes cenários de forma a compreender melhor o sistema de gestão de óleos usados em Portugal e para avaliar o desempenho ambiental das opções existentes de valorização destes resíduos. Para além da comparação entre cenários, é também relevante estudar os créditos que são ganhos quando se aplicam os óleos usados pré-tratados como substituto de matérias-primas, visto que, nos estudos de ACV aplicados aos óleos usados, se concluiu diversas vezes que para praticamente todos os impactes ambientais estudados, a diferença entre as opções de recuperação é determinada mais pelo processo que é evitado que pelo processo de recuperação em si. Assim, os cenários evitados que poderão ser considerados são:

- Produção de óleo virgem para o caso da reciclagem e regeneração;

- Produção de combustíveis fósseis tradicionais, tais como, nafta, carvão (e gasóleo para produção de energia eléctrica para o caso da Enviroil)

Também, não foram realizadas visitas à instalação de regeneração da GAUAR, não se conhecendo, por isso, a tecnologia de regeneração desta instalação. Assim, pode tornar-se atraente estudar o processo de recuperação da GAUAR de forma a possibilitar a comparação com a tecnologia da Tracemar e verificar qual a tecnologia que origina menores impactes ambientais. A comparação entre a qualidade dos óleos usados regenerados da GAUAR e da Tracemar e a qualidade dos óleos virgens pode também revelar-se interessante para determinar a *performance* destas tecnologias de recuperação.

Apesar de não se realizar em Portugal, a queima dos óleos usados em cimenteiras, é um processo frequente na realidade europeia, sendo, por isso, um cenário interessante a analisar e a comparar com os cenários propostos. Desta forma, seria possível compreender os impactes ambientais inerentes a este processo a nível nacional e testar a sua aplicabilidade em Portugal.

De modo a comparar as várias opções de tratamento e valorização, a unidade funcional adoptada pode corresponder à quantidade de óleos usados recolhidos em Portugal e nas Regiões Autónomas (caso os processos de recolha e pré-tratamento destas regiões sejam analisadas) que, para o ano de 2007, foi de 32 091 t. Para comparar cada cenário com os cenários substituídos podem ser adoptadas unidades funcionais adequadas, nomeadamente 1 t, 1 GJ e 1 GWh, referentes a substituições materiais e de energia.

Em síntese, o presente trabalho constitui um contributo para futuras ACV que se realizem dentro deste tema, fornecendo as bases para aplicar este instrumento, de forma a analisar os aspectos ambientais relacionados com as tecnologias do sistema integrado de gestão dos óleos usados em Portugal. É ainda importante aplicar a metodologia ACV complementando-a com outras ferramentas que descrevam o desempenho económico das várias tecnologias e os aspectos sociais associados ao sistema de gestão dos óleos usados em Portugal para possibilitar uma visão holística da situação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argex. (2008). *Argex, Argila expandida – Produto*. Acedido em: 20 de Novembro de 2008, em: <http://www.argex.pt/produto.php>.
- Audibert, F. (2006). Vaxon Process [Versão electrónica]. *Waste Engine Oils: Rerefining and energy recovery*, pp: 122-125. Acedido em: 12 de Junho de 2009, em: <http://books.google.pt/>.
- Banar, M., Cokaygil, Z. e Ozkan A. (2007). Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey. *Waste Management*.
- Bovea, M. D. e Powell, J. C. (2005). Alternative scenarios to meet the demands of sustainable waste management. *Journal of Environmental Management*, **79**: 115-132
- Buttol, P., Mason, P., Bonoli, A., Goldoni, S., Belladonna, V. e Cavazzuti, C. (2007). LCA of integrated MSW management systems: Case study of the Bologna District. *Waste Management*, **27**: 1059–1070
- Carmona. (2008a). *Grupo Carmona. - Quem somos?* Acedido em: 24 de Outubro de 2008, em: <http://www.carmona.pt/QUEMSOMOS/GrupoCarmona/tabid/236/Default.aspx>.
- Carmona. (2008b). *Grupo Carmona. - Limpezas industriais*. Acedido em: 24 de Outubro de 2008, em: <http://www.carmona.pt/SERVIÇOS/LimpezasIndustriais/tabid/269/Default.aspx>.
- Carmona. (2008c). *Grupo Carmona. – Gestão de fluxos específicos*. Acedido em: 24 de Outubro de 2008, em: <http://www.carmona.pt/SERVIÇOS/GestãodeFluxosEspecificos/tabid/277/Default.aspx>.
- Ciambrone, D. F. (1997). *Environmental Life Cycle Analysis*, Lewis Publisher, Boca Raton.
- Comissão das Comunidades Europeias (2006). *Relatório da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu sobre a aplicação da legislação comunitária relativa aos resíduos*. Acedido em: 29 de Julho de 2009, em : <http://eur-lex.europa.eu>.
- CONCAWE (1996). *Collection and disposal of used lubricating oil*. Relatório n.º 5/96. Bruxelas.
- Consoli, F., Allen, D., Boustead, I., Fava, J., Franklin, W., Jensen, A., Oude, N., Parrish, R., Perriman, R., Postlethwaite, D., Quay, B., Séguin, J. e Vigon B. (1993). SETAC-Society of Environmental Toxicology and Chemistry, *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A “Code of Practice”*. Sesimbra: Portugal.

- Correia & Correia (2007). *Quem somos?* Acedido em: 24 de Outubro de 2008, em: <http://www.correia-correia.com/correia/institucional/quem-somos/>.
- Costa, J. (2008a). Confirmação do fluxograma e disponibilização de dados relativos ao balanço de massa e energia, bem como da recolha do óleo usado, enviado por correio electrónico a 25 de Novembro de 2008 pelo Eng.º José Costa.
- Costa, L. (2008b). Resposta a algumas questões do primeiro questionário e confirmação do fluxograma, enviado por correio electrónico a 4 de Dezembro de 2008 pelo Eng.º Luís Costa.
- Costa, N (2008c). Confirmação do fluxograma e disponibilização de dados relativos ao balanço de massa e energia, enviado por correio electrónico a 13 de Novembro de 2008 pelo Eng.º Nelson Costa.
- Curran, M. (1996). *Environmental life-cycle assessment*. McGraw-Hill.
- Cyclon Hellas S.A. (2005). *Innovative Collection System & Life Cycle Assessment for Life Cycle Assessment for Waste Lube Oils – ICOL: Layman's Report*. EPEM S.A. Grécia.
- Decreto-Lei n.º 277/99, de 23 de Julho de 1999. Diário da República, n.º 170, Série –I-A. Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 194/2000, de 21 de Agosto de 2000. Diário da República, n.º 192, Série –I-A. Ministérios do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio de 2002. Diário da República, n.º 119, Série – I-A. Ministérios do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 153/2003, de 11 de Julho de 2003. Diário da República, n.º 158, Série – I-A. Ministérios das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 85/2005, de 28 de Abril de 2005. Diário da República, n.º 82, Série – I-A. Ministérios do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro de 2006. Diário da República, n.º 171, Série – I-A. Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- Despacho conjunto nº 662/2005 de 6 de Setembro de 2005. Diário da República, n.º 171, Série – II. Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional e da Economia e da Inovação. Lisboa.

Despacho conjunto n.º 1514/2005, de 27 de Dezembro de 2005. Diário da República, n.º 52, Série – II. Secretarias Regionais do Ambiente e do Mar e da Economia. Lisboa.

Directiva n.º 75/439/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Junho de 1975. Jornal Oficial n.º L 194, de 25/07/75 pp: 39-41. Luxemburgo: CEE.

Directiva n.º 75/442/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Julho de 1975. Jornal Oficial n.º L 194, de 25/07/75 pp: 39-41. Luxemburgo: CEE.

Directiva n.º 76/403/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Setembro de 1996. Jornal Oficial n.º L 243, de 24/09/1996 pp: 31-35. Luxemburgo: CEE.

Directiva 78/319/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Março de 1978. Jornal Oficial n.º L 084, de 31/03/1978 pp: 43-48. Luxemburgo: CEE.

Directiva n.º 87/101/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Dezembro de 1986. Jornal Oficial n.º L 042, de 12/02/1987 pp: 43-47. Luxemburgo: CEE.

Directiva n.º 89/369/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de Junho de 1989. Jornal Oficial n.º L 163, de 14/06/1989 pp: 32-36. Luxemburgo: CEE.

Directiva n.º 89/429/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Junho de 1989. Jornal Oficial n.º L 203, de 15/07/1989 pp: 50-54. Luxemburgo: CEE.

Directiva n.º 91/156/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Março de 1991. Jornal Oficial n.º L 078, de 26/03/1991 pp: 32-37. Luxemburgo: CEE.

Directiva n.º 91/689/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de Dezembro de 1991. Jornal Oficial n.º L 377, de 31/12/1991 pp: 20-27. Luxemburgo: CEE.

Directiva n.º 94/31/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Junho de 1994. Jornal Oficial n.º L 168, de 02/07/1994 pp: 28-28. Luxemburgo: CEE.

Directiva n.º 94/67/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 1994. Jornal Oficial n.º L 365, de 31/12/1994 pp: 34-45. Luxemburgo: CEE.

Directiva n.º 94/741/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de Outubro de 1994. Jornal Oficial n.º L 96, de 17/11/1994 pp: 42-55. Luxemburgo: CEE.

Directiva n.º 96/59/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Setembro de 1996. Jornal Oficial n.º L 243, de 24/09/1996 pp: 31-35. Luxemburgo: CEE.

- Directiva n.º 96/61/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de Setembro de 1996. Jornal Oficial n.º L 257, de 10/10/1996 pp: 26-40. Luxemburgo: CEE.
- Directiva n.º 2000/76/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Dezembro de 2000. Jornal Oficial n.º L 332, de 28/12/2000 pp: 91–111. Luxemburgo: CEE.
- Directiva n.º 2003/35/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de Maio de 2003. Jornal Oficial n.º L 156, de 25/06/2003 pp:17-25. Luxemburgo: CEE.
- Directiva n.º2003/87/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de Outubro de 2003. Jornal Oficial n.º L 275, de 25/10/2003 pp: 32-46. Luxemburgo: CEE.
- Directiva n.º 2006/12/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril de 2006. Jornal Oficial n.º L 11, de 27/04/2006 pp: 9-21. Luxemburgo: CEE.
- Directiva n.º 2008/98/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008. Jornal Oficial n.º L 312, de 22/11/2008. Luxemburgo: CEE.
- Dores, A. (2008). Informação relativa a aspectos operacionais e tratamento e recolha de óleos usados, enviado por correio electrónico a 19 de Novembro de 2008 pela Dra. Ana Dores.
- EC - European Commission. (2006). *Integrated pollution prevention and control - Reference document on Best Available Techniques for the waste treatments industries*.
- EC - European Commission – Joint Research Centre (2008). *LCA Tools, service and data: Introduction to LCA*. Acedido em: 12 de Outubro de 2008, em: <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/introduction.vm>.
- EC - European Commission (2009a). *Waste*. Acedido em: 29 de Julho de 2009, em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm>.
- EC - European Commission (2009b). *Waste. Waste Oils*. Acedido em: 29 de Julho de 2009, em: http://ec.europa.eu/environment/waste/oil_index.htm.
- Emery, A., Davis, A., Griffiths, A. e Williams, K. (2006). Environmental and economic modelling: A case study of municipal solid waste management scenarios in Wales. *Resources, Conservation and Recycling*, **49**: 244–263.
- Enviroil (2008). *Enviroil - Resíduos e Energia, Lda. – A tecnologia de reciclagem da enviroil*. Acedido em: 6 de Novembro de 2008, em: <http://www.enviroil.pt/default.aspx>.

- EPA – U.S. Environmental Protection Agency. (1995). *SITE Technology Capsule - Texaco Gasification Process*. EPA. Cincinnati, Ohio.
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency. (2006). *Life cycle assessment: Principles and practice*. Cincinnati, Ohio.
- Escalante, N., Kranert, M. e Hafner, G., (2007). *Environmental evaluation of household waste management system in southern Germany*. Environmental Sanitary Engineering Centre. Itália.
- FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2001). *Óleos Usados*. Acedido em: 8 de Fevereiro de 2009, em: <http://paginas.fe.up.pt/~jotace/temaspolemicos/oleosusados.htm>.
- FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2002). *Óleos Usados e Co-incineração: Nota de Imprensa*. Acedido em: 8 de Fevereiro de 2009, em: <http://paginas.fe.up.pt/~jotace/cci/notaimpoleos.htm>.
- Fehrenbach, H. (2005). *Ecological and energetic assessment of re-refining used oils to base oils: Substitution of primarily produced base oils including semi-synthetic and synthetic compounds*. Commissioned by GEIR - Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération, Fevereiro de 2005.
- Ferreira, J.V. (2004). *Análise de Ciclo de Vida dos produtos*. Acedido no Web site de: Escola Superior de Tecnologia de Viseu (ESTV/IPV), em: <http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/jvf/Gest%C3%A3o%20Ambiental%20-%20An%C3%A1lise%20de%20Ciclo%20de%20Vida.pdf>
- Finnveden, G., Johansson, J., Lind, P., Moberg, Å. (2000). *Life Cycle Assessments of Energy from Solid Waste*, Agosto. *Fms-Report 2000*. Stockholms Universitet: Sweden
- Heijungs, R., Guinée, J. B., Huppes, G., Lankreijer, R. M., de Haes, H. e Sleeswijk, A. (1992). *Environmental Life Cycle Assessment of Products - Backgrounds and Guide LCA*. Leiden: CMLCentre of Environmental Science.
- IPA – Inovação e Projectos em Ambiente, Lda. (2007). *Estudo de impacte ambiental da Carmona – Sociedade de limpeza e tratamento de combustíveis S.A. – Resumo não-técnico*.
- ISO/TR 14049, (2000). *Environmental management -- Life cycle assessment -- Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis*. Genève: Switzerland.
- ISO/TS 14048, (2002). *Environmental management -- Life cycle assessment -- Data documentation format*. Genève: Switzerland.

- ISO/TR 14047, (2003). *Environmental management -- Life cycle impact assessment -- Examples of application of ISO 14042*. Genève: Switzerland.
- ISO 14044, (2006). *Environmental management - Life Cycle Assessment - Requirements and guidelines*. Genève: Switzerland.
- ISO 14040, (2006). *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. Genève: Switzerland.
- Liamsanguan, C. e Gheewala, S.H. (2007a). LCA: A decision support tool for environmental assessment of MSW management systems. *Journal of Environmental Management*, pp: 132-138.
- Liamsanguan, C. e Gheewala, S.H. (2007b). The holistic impact of integrated solid waste management on greenhouse gas emissions in Phuket. *Journal of Cleaner Production*, pp: 1-7.
- Martins, A. C. C. (2009). *Análise das tecnologias de valorização e do Sistema Integrado de Gestão de Óleos Usados em Portugal*. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia Sanitária. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Monte da Caparica, 203 pp.
- McHugh, P., Stofey, W.D. e Totten E.G. (2000). Mineral-oil hydraulic fluids [Versão electrónica]. *Handbook of hydraulic fluid technology*, pp: 781-787. Acedido em: 12 de Junho de 2009, em: <http://books.google.pt/>.
- Monier, V. e Labouze, E. (2001). *Critical review os existing studies and life cycle analysis on the regeneration and incineration of waste oils: Final report*. Taylor Nelson Sofres Consulting e Bio Intelligence Service, Dezembro de 2001.
- NCTE – National Centre for Technology in Education. *EU Legislation on Waste: Introduction*. Acedido em: 8 de Fevereiro de 2009, em: <http://www.ncte.ie/environ/waste.htm>.
- Netresíduos (2001). *Classificação dos óleos usados*. Acedido em: 7 de Fevereiro de 2009, em: <http://www.netresiduos.com/cir/rinds/oleousado.htm>
- Portaria n.º 240/92, de 25 de Março de 1992. Diário da República n.º 71–Série I-B. Ministérios da Indústria e Energia e do Ambiente e Recursos Naturais. Lisboa.
- Portaria 1028/92, de 5 de Novembro de 1992. Diário da República n.º 256–Série I-B. Ministérios da Administração Interna, da Indústria e Energia e do Ambiente e Recursos Naturais. Lisboa.

- Portaria 286/93, de 12 de Março de 1993. Diário da República n.º 60–Série I-B. Ministérios da Indústria e Energia e do Ambiente e Recursos Naturais. Lisboa.
- Portaria nº 1407/2006, de 18 de Dezembro de 2006. Diário da República n.º 241–Série I. Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- Portaria nº 1408/2006, de 18 de Dezembro de 2006. Diário da República n.º 241–Série I. Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- Portaria nº 320/2007, de 23 de Março de 2007. Diário da República n.º 59–Série I. Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- Product Ecology Consultants (2009). Life Cycle Software Tools. Acedido em: 3 de Julho de 2009, em: <http://www.pre.nl/software.htm>.
- Regulamento n.º CE/1882/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Setembro de 2003. Jornal Oficial n.º L 284, de 31/10/2003 pp: 1-53.
- Rosa, H. M. P. (2009). *Avaliação Ambiental e Económica das Externalidades na Análise de Ciclo de Vida: o caso dos óleos usados em Portugal*. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Perfil de Gestão e Sistemas Ambientais. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Monte da Caparica, 164 pp.
- SETAC - The Society of Environmental Toxicology and Chemistry. (1998). Life-cycle impact assessment: The state-of-the-art. Em: L. Barnthouse, J. Fava, K. Humphreys, R. Hunt, L. Laibson, S. Noesen, G. Norris, J. Owens, J. Todd, V. Vigon, K. Weitz, J. Young (eds.), *Report of the SETAC life-cycle assessment (LCA) impact assessment workgroup*. Florida.
- SOGILUB - Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda. (2006). *Unidade de regeneração de óleos usados em Portugal: Estudo de viabilidade técnico-económica*. Portugal.
- SOGILUB - Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda. (2007). *Relatório de actividades*. Portugal.
- SOGILUB - Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados, Lda. (2008). *Relatório de actividades*. Portugal.
- The Free Dictionary (2008). Streamline. Acedido em: 5 de Novembro de 2008, em: <http://www.thefreedictionary.com/streamlining>.

U.S. EPA – U.S. Environmental Protection Agency (2008). *Impact Assessment and Measurement. Program Brief*. Acedido em: 3 de Novembro de 2008, em: http://www.epa.gov/nrmrl/std/sab/lca/lca_brief.htm.

Winkler, J., Bilitewski, B. 2007. Comparative evaluation of life cycle assessment models for solid waste management. *Waste Management*, **27 (8)**, 1021-1031.

7 ANEXOS

ANEXO A – TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA REGENERAÇÃO DE ÓLEOS USADOS

Tabela 7-1 – Tecnologias utilizadas na regeneração de óleos usados (adaptado de EC, 2006)

Tecnologia	Fluxos de entrada e saída	Descrição do processo			
		Pré-tratamento	Limpeza	Fraccionamento	Tratamento final
Limpeza	Óleos transformadores; lubrificantes industriais (por exemplo, hidráulicos e de corte).	Adsorção Aquecimento Filtração Vácuo desidratante			
Recuperação	Óleos industriais (principalmente óleos hidráulicos). Produto: Lubrificante industrial limpo devolvido aos consumidores	Centrifugação e/ou filtração			
Processamento com argila	O produto apresenta características pobres em termos de viscosidade e volatilidade. Só pode ser aplicado na formulação de um limitado tipo de lubrificantes industriais.	<i>Unidade de pre-flash (destilação)</i> <i>Destilação atmosférica e em vácuo (stripping)</i>	<i>Tratamento com argila</i> Por contacto com uma grande quantidade de argila de adsorção.		
Ácido/argila + destilação		<i>Flash stripping</i> (atmosférica ou em vácuo)	<i>Tratamento ácido ou com argila</i> Remoção de contaminantes do óleo usado por tratamento ácido (normalmente ácido sulfúrico) ou por tratamento com argila.	<i>Destilação</i> O óleo limpo é então submetido à destilação para recuperar duas ou três fracções, mais uma fracção de gasóleo.	<i>Neutralização e Filtração</i> As fracções do óleo usado, juntamente com o gasóleo, são neutralizadas com hidróxido de cálcio e filtradas.

Tabela 7-1 (continuação) – Tecnologias utilizadas na regeneração de óleos usados (adaptado de EC, 2006)

Destilação/Tratamento químico ou extracção por solvente		<i>Destilação em vácuo</i> A 1ª etapa remove a água, a nafta e compostos leves. A 2ª etapa remove o gasóleo, o <i>spindle oil</i> e o óleo combustível leve (<i>fuel</i> óleo leve).	<i>Destilação em vácuo</i> A 3ª/4ª etapa separa as diferentes fracções do óleo lubrificante dos resíduos (em que todos os metais, aditivos e produtos de degradação são concentrados).	<i>O tratamento químico é seguido por destilação/stripper para corrigir a volatilidade e o ponto de inflamação. Alternativamente a etapa do solvente de extracção pode ser fornecida para remover os HAP.</i>
Destilação e extracção por solvente (Processo Vaxon)			<i>Destilação em vácuo</i>	<i>Extracção por solvente</i>
Extracção por solvente e destilação (Processo Sener-Interline)	Os óleos base recuperados têm uma boa qualidade.	<i>Pré-tratamento químico</i>	<i>Extracção com propano</i> O propano líquido extrai o óleo base e rejeita a água, o asfalto, os aditivos e outros contaminantes não solúveis.	<i>Destilação atmosférica ou em vácuo</i> Em primeiro lugar o óleo é extraído por destilação numa coluna de destilação atmosférica para separar os hidrocarbonetos leves e algum propano. O restante óleo é fraccionado numa coluna de destilação em vácuo para recuperar o óleo lubrificante base.

Tabela 7-1 (continuação) – Tecnologias utilizadas na regeneração de óleos usados (adaptado de EC, 2006)

Propano deasphalting e hidrofinishing	A tecnologia produz óleos base e de boa qualidade e um resíduo asfáltico (adequado como o betume).	<i>Pré-flash</i> Numa coluna de destilação	<i>Extracção com propano</i> <i>Propano deasphalting</i>	<i>Destilação atmosférica ou em vácuo</i>	<i>Hidrofinishing utilizando um catalisador</i>
Destilação e tratamento alcalino (Vaxon – Cator)	Óleos usados de motores e industriais, todos os tipos de lubrificantes sintéticos, excepto o PAG solúvel em água, óleos de silicone e alguns tipos de ésteres. Os óleos base e o resíduo asfáltico são os principais produtos de impurezas e sedimentos que permanecem no final no resíduo sólido, que tem uma natureza asfáltica.	<i>Destilação</i> Durante todo o processo, o pré-tratamento faz parte do mesmo processo, visto que a primeira fase produz uma desidratação através da destilação com todos os tipos de óleos usados.			<i>Tratamento alcalino</i>

Tabela 7-1 (continuação) – Tecnologias utilizadas na regeneração de óleos usados (adaptado de EC, 2006)

Evaporadores de película (filme) fina (TFE: <i>Thin Film Evaporators</i>) e diferentes processos de finalização*	Os metais pesados, os polímeros, os aditivos e outros produtos de degradação são removidos como um resíduo asfáltico.	<i>Pré-flash e tratamento químico (1º)</i> A água, compostos leves e os vestígios de combustíveis contidos no óleo usado são removidos. <i>Stripping</i> em vácuo e atmosférica mais tratamento químico (opcional) para minimizar a corrosão e as incrustações dos equipamentos a jusante.	<i>TFE (2º)</i> Realizado a temperaturas muito altas e em vácuo.	<i>Destilação (4º)</i> A fracção de óleo lubrificante é separada em diferentes fracções de óleo numa coluna em vácuo.	<i>Um dos seguintes (3ª):</i> <i>a)Hidrotratamento</i> <i>b)Tratamentos com argila</i> <i>c)Extracção por solvente</i> <i>d)Extracção por solvente mais hidrotratamento.</i>
Processo térmico <i>deasphalting</i> (TDA)		<i>Pré-flash</i> <i>Stripping</i> em vácuo e atmosférica, mais tratamento químico. O último tratamento é usado para minimizar a corrosão e incrustações nos equipamentos a jusante e para facilitar o posterior passo de <i>deasphalting</i> .	<i>Sedimentação mais TDA</i> O asfalto é retirado por sedimentação. A remoção de resíduos é realizada na parte inferior da coluna de destilação, que executa o fraccionamento das diferentes fracções do óleo lubrificante usado.		<i>a)Argila</i> <i>b)Hidrotratamento</i>

Tabela 7-1 (continuação) – Tecnologias utilizadas na regeneração de óleos usados (adaptado de EC, 2006)

Processo de hidrogenação por contacto directo (DCH: <i>Direct contact hydrogenation process</i>)	O óleo usado e o gás de hidrogénio quente passam no processo como uma mistura. Produz óleos base de boa qualidade.	<i>Pré-tratamento</i> Não é necessário.	<i>Reactor “guarda” de hidrogenação (1º)</i> O hidrogénio e o vapor de óleo são encaminhados para um reactor catalítico de leito fixo com duas fases. O reactor “guarda” remove qualquer vestígio de contaminantes metálicos, seguindo-se uma quebra de qualquer enxofre, azoto, compostos de halogéneo no reactor de conversão.	<i>Fraccionamento (3º)</i> A fracção de óleo lubrificante é separada em diferentes fracções de óleo numa coluna em vácuo.	<i>Hidrotratamento (2º)</i> Separador instantâneo de alta pressão. Reactor catalítico de leito fixo.
Tratamento com soda cáustica e branqueamento por terra (ENTRA: <i>Caustic-soda and bleaching earth treatment</i>)	Óleo usado e soda cáustica. O óleo base produzido é de boa qualidade com bons rendimentos.	<i>Pré-flash</i> Desidratação. Abastecimento com soda cáustica e terra de branqueamento.	<i>Reactor tubular</i> Divide-se o indesejado enxofre, azoto, compostos de halogéneo. Um avançado controlo da temperatura e do tempo de retenção no reactor tubular linear minimiza a degradação de moléculas orgânicas que ainda são viáveis como componentes do óleo lubrificante.	<i>Fraccionamento</i> A fracção de óleo lubrificante é separada em diferentes fracções de óleo no reactor tubular.	<i>Neutralização</i> Neutralização com ácido, tratamento com argila.
Integração de óleo base na produção de uma refinaria	O óleo produzido representa uma boa qualidade de óleo base refinado.	a) <i>Pré-flash</i> numa coluna de destilação b) <i>Stripping</i> em vácuo e atmosférica.	<i>TFE</i>	<i>Unidade de extracção aromática</i> da refinaria para a remoção de HAP e outros compostos indesejáveis.	<i>Hydrofinishing</i>
Integração numa refinaria após prétratamento	O óleo usado é reprocessado numa refinaria para permitir a mistura de combustível em produtos. Os contaminantes existentes no óleo usado impedem a produção de óleo lubrificante.	A água e os sedimentos são removidos do óleo usado pela etapa de <i>préflash</i> .	O óleo usado que passa pelo <i>pré-flash</i> é directamente misturado com o resíduo atmosférico regular de uma refinaria.		

*1º, 2º, 3º, 4º representa a sequência quando as operações são realizadas dentro do processo. Quando estes números não estão presentes a sequência é a mais comum, ou seja, pré-tratamento, limpeza, fraccionamento e tratamento final.

ANEXO B – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A SOGILUB

- 1) Dados e contactos das indústrias em Portugal que neste momento utilizam óleos usados no seus processos de fabrico.

Nome das Industria	Contactos		Tipos de óleos	Quantidades utilizadas (por tipologia)
	Telefone	Outros*		

*E-mail, telemóveis, etc

- 2) Dados de produção de óleos usados (ou seja, os produtores de óleos usados em Portugal e a quantidade que produzem).

Produtores de óleos usados	Tipos de óleos usados produzidos	Quantidades produzidas

- 3) Qual o consumo global de óleos novos por tipo de óleo?

Tipos de óleo	Percentagem de mercado						Quantidade (t)					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Lubrificantes auto												
Lubrificantes industriais												
Óleos de processamento												
Óleos de base												
Total												

4) Disponibilizar os dados para preencher a seguinte tabela

Produção de óleos usados																
	Quantidades (t)				% em relação aos óleos novos				% em relação aos óleos usados produzidos				% em relação aos óleos usados recolhidos*			
Óleos novos colocados no mercado	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Óleos usados produzidos	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
									-	-	-	-	-	-	-	-
Recolha de óleos usados																
Óleos usados recolhidos	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
													-	-	-	-
Pré-tratamento de óleos usados																
Pré-tratamento	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
Perdas do pré-tratamento	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
Óleos resultantes do pré-tratamento enviados para destino final	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
Destino final de óleos usados																
Regeneração	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
Reciclagem	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
Valorização energética	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
Destino desconhecido	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
													-	-	-	-

*Sem considerar os destinos desconhecidos

- 5) Sabe-se qual o destino dado aos óleos usados produzidos que não são recolhidos pelo sistema de gestão implementado, dado estimar-se ser entre 5-10% do volume total produzido? Se sim, indique tais destinos.
- 6) Quais os resultados alcançados para 2006 e 2007 e quais os que se prevêem alcançar de 2008 a 2010 pelo SIGOU ao nível de taxas de recolha, regeneração, reciclagem e valorização energética. Para responder À pergunta, por favor, preencha o quadro seguinte:

	2006	2007	2008	2009	2010
Taxa de recolha (%)					
Taxa de regeneração (%)					
Taxa de reciclagem (%)					
Taxa de valorização dos restantes óleos (%)					

As receitas da SOGILUB são compostas pela prestação financeira, o ECO-LUB, a pagar pelos produtores de óleos lubrificantes novos, e pela receita obtida pela venda de óleo usado pré-tratado para valorização. Assim sendo:

- 7) A taxa estabelecida na licença atribuída à SOGILUB é de €63/m³. Como tem sido a evolução do valor da taxa? Está prevista a alteração da mesma?
- 8) Quais os fluxos monetários entre a SOGILUB e Enviroil, Argex, unidade de regeneração de Huelva e empresas de recolha e pré-tratamento de óleos usados?
- 9) Quais os quantitativos de óleos usados recolhidos directamente pelos operadores de gestão licenciados, tanto em termos de recolha directa como de recolha indirecta efectuada pelos transportadores que entregam aos primeiros operadores as respectivas recolhas? Para responder à pergunta por favor preencha o quadro seguinte:

Operadores de gestão	Tipo de recolha	2004 (t)	2005 (t)	2006 (t)	2007 (t)	2008* (t)	2009* (t)
Auto-Vila	Directa						
	Indirecta						
	<i>Total</i>						
Carmona	Directa						
	Indirecta						
	<i>Total</i>						
Correia & Correia	Directa						
	Indirecta						
	<i>Total</i>						
José Maria Ferreira	Directa						
	Indirecta						
	<i>Total</i>						
Codisa – Safetykleen	Directa						
	Indirecta						
	<i>Total</i>						
Bensaude (Açores)	Directa						
	Indirecta						
	<i>Total</i>						
Valor Ambiente (Madeira e Porto Santo)	Directa						
	Indirecta						
	<i>Total</i>						
Total recolhido							

ANEXO C – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA AS EMPRESAS DE RECOLHA E PRÉ-TRATAMENTO

Aspectos económicos

Custos de Capital

- 1) Investimento inicial no projecto das componentes, se possível: infra-estruturas e equipamentos, construção, planeamento, estudos, licenças
- 2) Investimento na substituição de equipamentos e peças e expansão da unidade
- 3) Indicar o período de vida útil das componentes do projecto e ano zero do investimento
- 4) Amortizações anuais do investimento inicial para planeamento, estudos, projectos, construção e implementação do projecto

Custos de Operação e Manutenção

- 5) Custos laborais
- 6) Custo de manutenção de infra-estruturas e equipamentos
- 7) Outros custos
 - a. Custos com sistema informático de optimização de circuitos de recolha de óleos
 - b. Custos de pré-tratamento dos óleos usados
 - i. Custos associados à eliminação e/ou reutilização dos subprodutos (águas residuais, sedimentos e metais pesados) no processo de pré-tratamento
 - ii. Custo do processo de eliminação das lamas em aterro autorizado
 - iii. Custos com matérias-primas e energia consumidas no processo de recolha, armazenamento e pré-tratamento dos óleos usados
 - iv. Custos com análises físico-químicas dos óleos recolhidos
 - c. Custos associados à limpeza, degasificação e desmantelamento de reservatórios e tanques dos mais variados combustíveis e matérias-primas, lavagens com jacto de água de alta pressão, desobstrução e limpeza de redes de efluentes industriais
 - d. Custos relativos ao plano de prevenção de acidentes ambientais
 - e. Custos de controlo e monitorização ambiental (emissões, resíduos)
 - f. Custos com acções de formação dos funcionários e indicar periodicidade

Indicadores económicos

- 8) Estimativa do custo de gestão de uma tonelada de óleo usado recolhida e pré-tratada, em €/t
- 9) Custos com a recolha dos óleos usados, €/km e/ou €/t
- 10) Custos com pré-tratamento do óleo recolhido, €/t
- 11) Outros indicadores que a empresa tenha elaborado

Benefícios do Processo

- 12) Potencial de poupança energético (€) associado ao reaproveitamento de subprodutos do pré-tratamento para valorização energética
- 13) Potencial de poupança hídrico (€) associado à reutilização de águas residuais pré-tratadas na EPTARI

Receitas

- 14) Receita resultante da venda dos óleos usados pré-tratados, €/t e por tipologia de empresa

Recolha dos óleos usados e entrega dos óleos tratados

- 1) Recolha e entrega dos óleos usados e tratados: indicar circuitos, quantidades de óleos recolhidos por circuito, frequências de recolha, viaturas de recolha, distâncias percorridas, tipo de combustível utilizado e respectivos consumos. Indicar os factores que definem os circuitos caso existam (e.g. tipologia de indústria)
- 2) A empresa desenhou e adoptou uma metodologia de recolha e transporte dotada de um sistema informático de optimização de circuitos de recolha?

Características dos óleo usados recolhidos

- 3) Especificação técnicas para os óleos usados a recolher junto dos seus produtores. Dados das análises efectuadas ao PCB, cloro, água mais sedimentos, e apenas sedimentos.
- 4) Dados de análises do ponto de inflamação, massa volúmica, PCB, água, sedimento total, enxofre, cádmio, níquel, chumbo, crómio, cobre, vanádio, chumbo, cloro e flúor; de acordo com as especificações técnicas para óleos usados tratados.
- 5) Dados de análises para os óleos que se destinem a reciclagem, sendo as análises densidade a 15°C, ponto de inflamação, conteúdo em água, conteúdo em sedimentos, resíduo carbonoso, cloro total, PCB/PCT, enxofre total, chumbo, níquel, crómio, cobre, vanádio, cádmio.
- 6) Qual o destino dado aos mesmos quando excedem os valores máximos permitidos pela legislação em vigor.
- 7) Análises efectuadas ao óleo à entrada do processo de tratamento, bem como as análises efectuadas à saída do mesmo.
- 8) As análises laboratoriais são feitas em laboratório que a empresa possui ou são realizadas em laboratório exterior? Como é que o óleo é acondicionado, ou seja, a que regras obedece o seu transporte caso as análises sejam efectuadas em laboratório exterior.

Características do processo de pré-tratamento

- 9) Período de tempo que o óleo permanece nas instalações, capacidade de armazenamento (existente e utilizada) e condições de armazenamento.
- 10) Indicar e descrever o pré-tratamento efectuado aos óleos usados. Para melhor compreensão, anexe o *layout* da unidade industrial, por favor.
- 11) A empresa desenhou e adoptou algum modelo de monitorização das etapas associados ao pré-tratamento a fim de rentabilizar o processo e prevenir acidentes?

Monitorização ambiental, prevenção de acidentes e danos ambientais

- 12) Existe algum tipo de controlo das emissões nestas unidades? Se existe controlo de emissões, indique por favor quais as tecnologias de tratamento de gases e efluentes e respectivos programas de monitorização.
- 13) Que medidas são tomadas quando ocorre um acidente ambiental?
- 14) A empresa possui meios de primeira intervenção que se desloca ao local do acidente de modo a minimizar os impactos ambientais do sinistro em caso de derrame?

Balanço de materiais e energia

- 15) Quais os consumos energéticos destas unidades de pré-tratamento? E de onde provêm todas as fontes energéticas usadas no processo de valorização?
- 16) Por favor, preencha o quadro seguinte referente às entradas e saídas dos processo de pré-tratamento.

Entradas no pré-tratamento	Quantidades recolhidas (t)	Quantidades tratadas (t)
Lubrificantes auto		
Lubrificantes industriais		
Óleos de processamento		
Óleos de base		
Outros materiais utilizados no pré-tratamento (detalhar por tipo de material) (t)		

Saídas do pré-tratamento	Quantidades resultantes do pré-tratamento (t)	Destino (especificar se são depositados em aterro, valorizados energeticamente para a indústria ou outros destinos possíveis)		
Óleos tratados				
Subprodutos (apesar de não ser o principal produto resultante do processo de tratamento, a empresa consegue ter uma contrapartida financeira do mesmo) (detalhar por tipo de subproduto)				
Rejeitados (que a empresa tem de pagar para serem eliminados, como a deposição em aterro) (detalhar por tipo)				
Águas residuais				
Sedimentos				
Lamas				

ANEXO D – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA AS EMPRESAS DE RECICLAGEM

Aspectos económicos

Custos de Capital

- 1) Investimento inicial no projecto das componentes, se possível: infra-estruturas e equipamentos, construção, planeamento, estudos, licenças
- 2) Investimento na substituição de equipamentos e peças e expansão da unidade
- 3) Indicar o Período de Vida Útil das componentes do projecto e ano zero do investimento
- 4) Amortizações Anuais do Investimento inicial para planeamento, estudos, projectos, construção e implementação do projecto

Custos de Operação e Manutenção

- 5) Custos laborais
- 6) Custos de manutenção de infra-estruturas e equipamentos
- 7) Outros custos
 - a. Custos associados ao processo de reciclagem do óleo usado pré-tratado
 - i. Montante pago pela Enviroil por cada tonelada de óleo usado pré-tratado e não pré-tratado
 - ii. Outras matérias-primas e energia
 - iii. Custos com pré-tratamento de óleos
 - iv. Custos com os óleos que não vão para pré-tratamento e/ou processo de reciclagem
 - v. Custo associado ao tratamento do similar a gasóleo (estabilização, centrifugação e filtração)
 - vi. Custos com produção de energia a partir de motor/geradores
 - b. Custos associados ao controlo e monitorização ambiental (minimização de emissões, resíduos e impactos)
 - c. Custos associados à prevenção e resolução de danos ambientais

Indicadores Económicos

- 8) Estimativa do custo para reciclagem de uma tonelada de óleo usado pré-tratada, em €/t
- 9) Estimativa do custo do pré-tratamento dos óleos usados, €/t
- 10) Estimativa do custo de gestão de uma tonelada de óleo recolhido, €/t

Benefícios do Processo

- 11) Potencial de poupança energética (€) pela reutilização do combustível ligeiro

Receitas

- 12) Qual receita (€) proveniente do excedente energético, de 50 GWh/ano, exportado para a rede pública.
- 13) Receita proveniente da venda do produto similar gasóleo, €/t

Aspectos operacionais

Características do óleo usado a reciclar

- 1) Especificação técnicas para os óleos usados a recolher junto dos seus produtores. Dados das análises efectuadas ao PCB, cloro, água mais sedimentos, e apenas sedimentos.

- 2) Dados de análises do ponto de inflamação, massa volúmica, PCB, água, sedimento total, enxofre, cádmio, níquel, chumbo, crómio, cobre, vanádio, chumbo, cloro e flúor; de acordo com as especificações técnicas para óleos usados tratados.
- 3) Dados de análises para os óleos que se destinem a reciclagem, sendo as análises densidade a 15°C, ponto de inflamação, conteúdo em água, conteúdo em sedimentos, resíduo carbonoso, cloro total, PCB/PCT, enxofre total, chumbo, níquel, crómio, cobre, vanádio, cádmio.
- 4) Qual o destino dado aos óleos usados quando excedem os valores máximos para poderem ser reciclados.
- 5) Análises efectuadas ao óleo à entrada do processo de tratamento, bem como as análises efectuadas à saída do mesmo.
- 6) As análises laboratoriais são feitas em laboratório que a empresa possui ou são realizadas em laboratório exterior? Como é que o óleo é acondicionado, ou seja, a que regras obedece o seu transporte caso as análises sejam efectuadas em laboratório exterior.

Características do processo de reciclagem

- 7) Período de tempo que o óleo permanece nas instalações, capacidade de armazenamento (existente e utilizada) e condições de armazenamento.
- 8) Indicar e descrever o tratamento efectuado aos óleos usados. Para melhor compreensão, anexe o *layout* da unidade industrial, por favor.
- 9) A empresa desenhou e adoptou algum modelo de monitorização das etapas associados ao pré-tratamento a fim de rentabilizar o processo e prevenir acidentes?

Monitorização ambiental, prevenção de acidentes e danos ambientais

- 10) Existe algum tipo de controlo das emissões nestas unidades? Se existe controlo de emissões, indique por favor quais as tecnologias de tratamento de gases e efluentes e respectivos programas de monitorização.
- 11) Que medidas são tomadas quando ocorre um acidente ambiental?
- 12) A empresa possui meios de primeira intervenção que se desloca ao local do acidente de modo a minimizar os impactos ambientais do sinistro em caso de derrame?

Características do óleo reciclado

- 13) Quais as características dos dois produtos derivados do tratamento, combustível ligeiro e similar ao gasóleo
- 14) Quais os padrões de qualidade para o produto similar ao gasóleo, uma vez que este numa segunda fase ainda sofre estabilização, centrifugação e por fim filtração
- 15) A empresa de reciclagem refere que o produto similar ao gasóleo é utilizado em motores a diesel, quais os testes de controlo efectuados em motores a diesel pela sua utilização e quais os seus resultados

Balanço de materiais e energia

- 16) Quais os consumos energéticos destas unidades de pré-tratamento? E de onde provêm todas as fontes energéticas usadas no processo de valorização?
- 17) Caso ocorra produção de energia eléctrica para a rede pública através de motores a diesel, por favor indique a quantidade de óleo reciclado utilizado na produção de energia eléctrica e a energia produzida.
- 18) Por favor, preencha o quadro seguinte referente às entradas e saídas do processo de reciclagem.

Entradas na reciclagem	Quantidades recebidas (t)	Quantidades recicladas (t)
Lubrificantes auto		
Lubrificantes industriais		
Óleos de processamento		
Óleos de base		
Outros materiais utilizadas na reciclagem (detalhar por tipo de material) (t)		

Saídas do processo	Quantidades (t)	Destino (especificar se são depositados em aterro, valorizados energeticamente para a indústria ou outros destinos possíveis)
Combustível ligeiro		
Similar ao gasóleo		
Subprodutos (apesar de não ser o principal produto resultante do processo de tratamento, a empresa consegue ter uma contrapartida financeira do mesmo) (detalhar por tipo de subproduto)		
Rejeitados (que a empresa tem de pagar para serem eliminados, como a deposição em aterro) (detalhar por tipo)		
Águas residuais		
Sedimentos		
Lamas		
Metais pesados		
Materiais reutilizados (por exemplo, águas residuais, similar ao gasóleo). Indicar em que fase do processo é reutilizado/utilizado		

ANEXO E – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA AS INDÚSTRIAS DE VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA

Aspectos económicos

Custos de Operação e Manutenção

- 1) Montante pago (€/t) pelo óleo usado para valorização energética e com que entidade é feita a transacção
- 2) Valor pago, em €/t, pelo *pet coke* utilizado (ou pelo combustível que óleo usado está a substituir)
- 3) Custo com o tratamento do óleo usado antes de este ser utilizado para valorização energética (se aplicável)

Aspectos operacionais

Características dos óleos usados tratados a utilizar na unidade industrial

- 1) Especificações técnicas a cumprir para utilizar o óleo usado no processo industrial. Análises efectuadas ao óleo à entrada do processo de tratamento.
- 2) As análises laboratoriais são feitas em laboratório que a empresa possui ou são realizadas em laboratório exterior? Como é que o óleo é acondicionado, ou seja, a que regras obedece o seu transporte caso as análises sejam efectuadas em laboratório exterior.
- 3) Recebem algum tipo de documentação com características do óleo e classificação do mesmo, quando chega às suas instalações

Características do processo de armazenamento e utilização

- 4) Período de tempo que o óleo permanece nas instalações, capacidade de armazenamento (existente e utilizada) e condições de armazenamento.
- 5) Indicar e descrever o processo fabril onde é aplicado o óleo usado. Para melhor compreensão, anexe o *layout* da unidade industrial, por favor, com especificação do local de introdução do óleo usado.
- 6) Antes da sua valorização, o óleo usado é sujeito a algum tratamento ou processamento na própria unidade? Se sim, descreva qual.

Monitorização ambiental, prevenção de acidentes e danos ambientais

- 7) Existe algum tipo de controlo das emissões nestas unidades? Se existe controlo de emissões, indique por favor quais as tecnologias de tratamento de gases e efluentes e respectivos programas de monitorização.
- 8) Que medidas são tomadas quando ocorre um acidente ambiental?
- 9) A empresa possui meios de primeira intervenção que se desloca ao local do acidente de modo a minimizar os impactos ambientais do sinistro em caso de derrame?

Balanço de materiais e energia

- 10) Quais os consumos energéticos destas unidades? E de onde provêm todas as fontes energéticas usadas no processo de valorização?
- 11) Por favor, preencha os quadros seguintes referentes às entradas e saídas do processo de valorização

Entradas no processo	Quantidades (t)
Óleos tratados	
Outros materiais utilizados em simultâneo no processamento (outros combustíveis como <i>pet coke</i> , matérias primas, etc.	
<i>Pet coke</i>	

Saídas do processo	Quantidades (t)	Destino (especificar se são depositados em aterro, valorizados energeticamente para a indústria ou outros destinos possíveis)
Produtos resultantes (detalhar)		
Subprodutos (apesar de não ser o principal produto resultante do processo de tratamento, a empresa consegue ter uma contrapartida financeira do mesmo) (detalhar por tipo de subproduto)		
Rejeitados (que a empresa tem de pagar para serem eliminados, como a deposição em aterro) (detalhar por tipo)		

ANEXO F – QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A INDÚSTRIA DE REGENERAÇÃO

Aspectos económicos

Custo de Capital

- 1) Investimento inicial no projecto das componentes, se possível: infra-estruturas e equipamentos, construção, planeamento, estudos, licenças
- 2) Investimento na substituição de equipamentos e peças e expansão da unidade
- 3) Indicar o Período de Vida Útil das componentes do projecto e ano zero do investimento
- 4) Amortizações Anuais do Investimento inicial para planeamento, estudos, projectos, construção e implementação do projecto

Custos de Operação e Manutenção

- 5) Custos laborais
- 6) Custos de manutenção de infra-estruturas e equipamentos
- 7) Outros custos
 - a. Custos associados ao processo de regeneração de óleos usados
 - i. análises ao óleo recolhido
 - ii. filtração
 - iii. 1ª, 2ª, 3ª e 4ª destilação
 - iv. tratamento final dos óleos de base obtidos na 4ª destilação
 - v. Custos de controlo e monitorização ambiental (emissões, resíduos,...)
 - vi. Custos com sistema de prevenção de danos ambientais e/ou custos de resolução de sinistros ambientais

Indicadores económicos

- 8) Estimativa do custo de regeneração de uma tonelada de óleo usado, em €/t, por qualidade de óleo regenerado produzido

Benefícios do processo

- 9) Potencial de poupança hídrico no universo global de água consumida na unidade (€ e/ou m³)

Receitas

- 10) Receita obtida com a venda de betão asfáltico, produtos asfálticos e asfalto e tipologia de clientes
- 11) Receita obtida com a venda de gasóleo e óleo ligeiro e tipologia de clientes
- 12) Receita obtida com a comercialização do óleo regenerado. Essa receita difere conforme a qualidade do óleo regenerado

Aspectos operacionais

Características dos óleos usados tratados a utilizar na unidade industrial

- 1) Especificações técnicas a cumprir para utilizar o óleo usado no processo industrial.
- 2) Dados de análises ao PCB, água, sedimentos, cloro total, ponto de inflamação, estas análises permitem saber quais os óleos usados passíveis de serem regenerados (de acordo com o Despacho Conjunto nº662/2005).
- 3) As análises laboratoriais são feitas em laboratório que a empresa possui ou são realizadas em laboratório exterior? Como é que o óleo é acondicionado, ou seja, a que regras obedece o seu transporte caso as análises sejam efectuadas em laboratório exterior.

- 4) Recebem algum tipo de documentação com características do óleo e classificação do mesmo, quando chega às suas instalações?
- 5) O óleo usado quando chega à instalação é analisado. Se sim quais as análises efectuadas, (ou seja, gostaria de saber se as análises efectuadas são as referentes à legislação portuguesa de acordo com o Despacho Conjunto nº662/2005; ou se são efectuadas mais análises de acordo com a legislação espanhola).

Características do processo de armazenamento e utilização

- 6) Período de tempo que o óleo permanece nas instalações, capacidade de armazenamento (existente e utilizada) e condições de armazenamento.
- 7) Indicar e descrever o processo de regeneração. Para melhor compreensão, anexe o *layout* da unidade industrial.
- 8) Antes da sua valorização, o óleo usado é sujeito a algum tratamento ou processamento na própria unidade? Se sim, descreva qual.

Monitorização ambiental, prevenção de acidentes e danos ambientais

- 9) Existe algum tipo de controlo das emissões nestas unidades? Se existe controlo de emissões, indique por favor quais as tecnologias de tratamento de gases e efluentes e respectivos programas de monitorização.
- 10) Que medidas são tomadas quando ocorre um acidente ambiental?
- 11) A empresa possui meios de primeira intervenção que se desloca ao local do acidente de modo a minimizar os impactos ambientais do sinistro em caso de derrame?

Balanço de materiais e energia

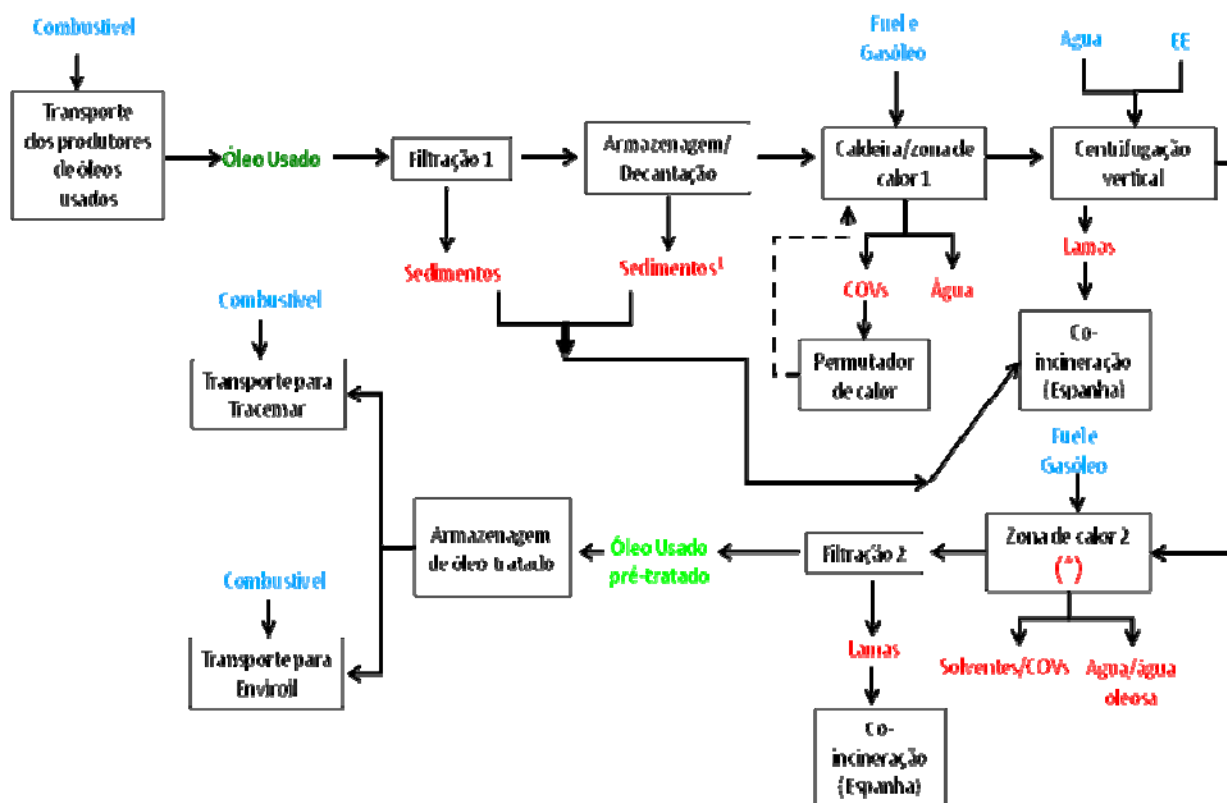
- 12) Quais os consumos energéticos destas unidades? E de onde provêm todas as fontes energéticas usadas no processo de valorização?
- 13) Por favor, preencha os quadros seguintes referentes às entradas e saídas do processo de valorização (valor anual de 2007)

Entradas no processo	Quantidades recebidas (t)	Quantidades regeneradas (t)
Óleos usados de Portugal		
Óleos usados de outra proveniência		
Outros materiais utilizados em simultâneo no processamento		

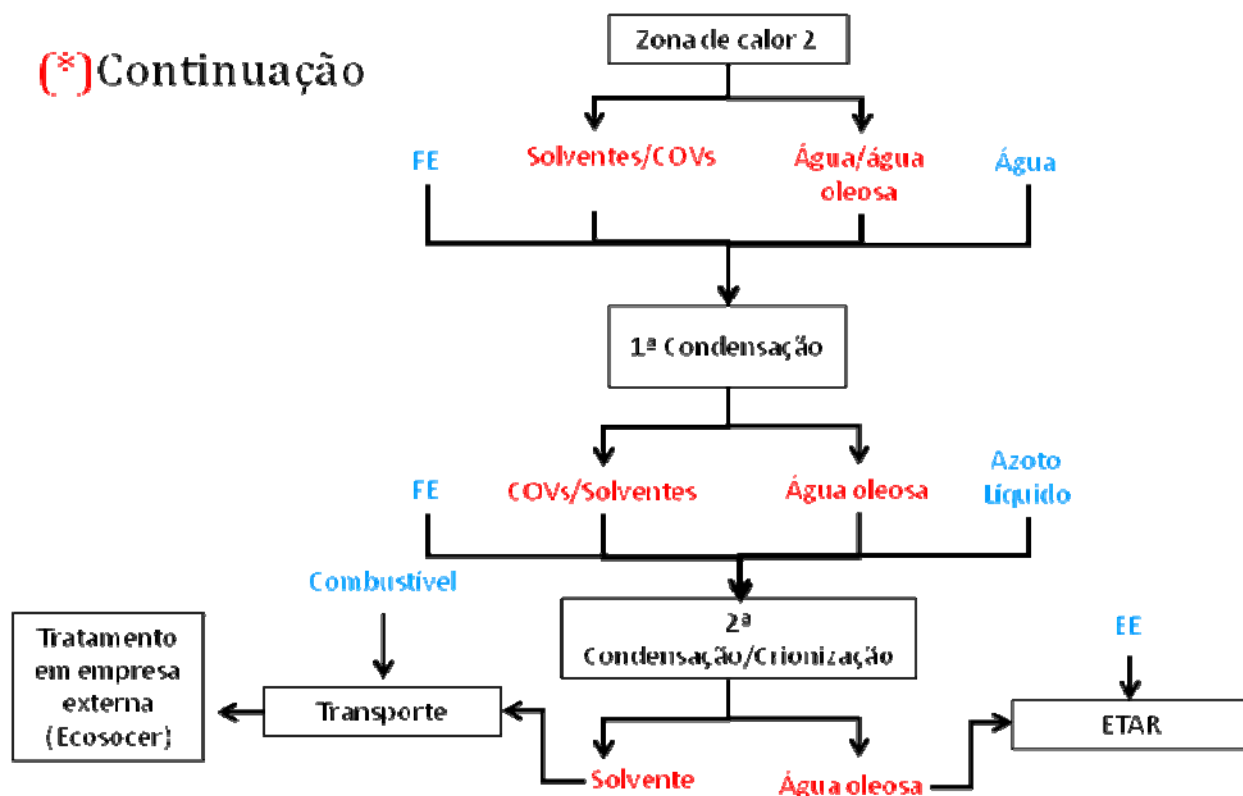
Saídas do processo	Quantidades (t)	Destino (especificar se são depositados em aterro, valorizados energeticamente para a indústria ou outros destinos possíveis)
Produtos resultantes (detalhar)		
Hidrocarbonetos		

ligeiros		
Gasóleo		
Óleo ligeiro		
Betão asfáltico		
Produtos asfálticos		
Asfalto		
Óleo de base		
Subprodutos (detalhar por tipo de subproduto). Quando ocorre reutilização do rejeitado deve ser referido.		
Rejeitados (que a empresa tem de pagar para serem eliminados, como a deposição em aterro) (detalhar por tipo). Quando ocorre reutilização do rejeitado deve ser referido.		
Águas residuais (m ³)		

ANEXO G – SEGUNDO QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A CARMONA



(*) Continuação



Layout do processo.

Agradecemos a confirmação do *layout* do processo, bem como as entradas e saídas em cada etapa nas tabelas seguintes (ano de referência: 2007):

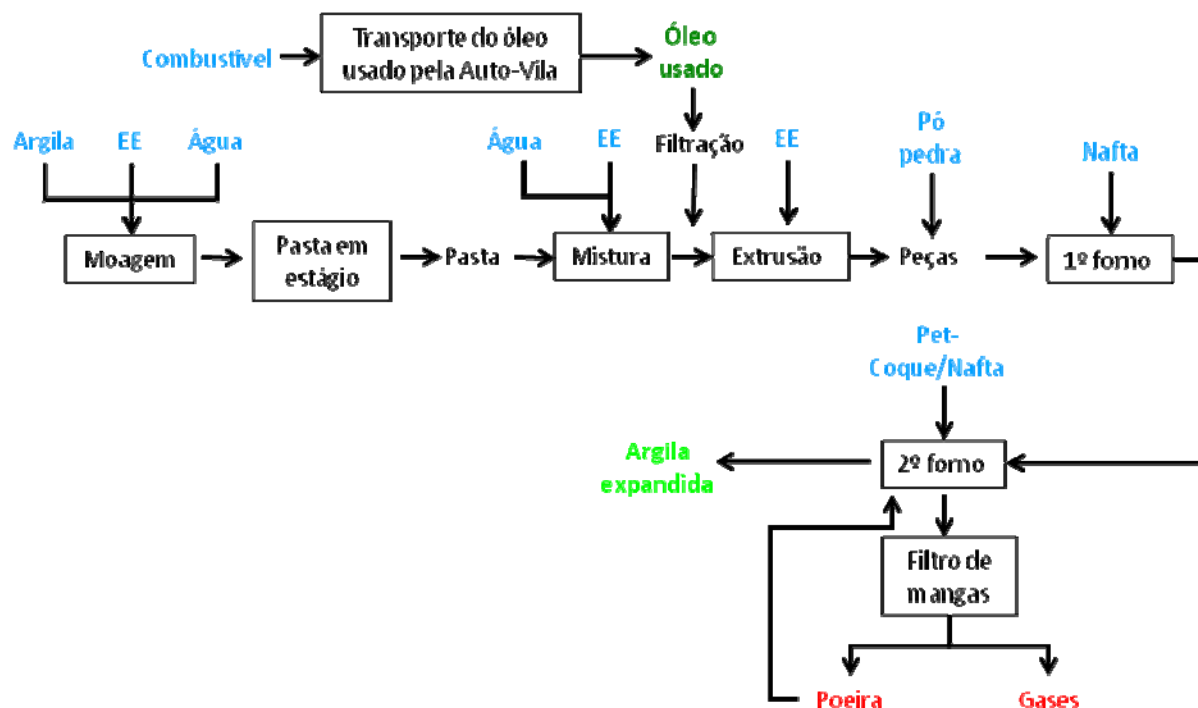
Chegada à instalação	
Qual o tipo de veículo utilizado no transporte do óleo usado?	
Qual o combustível utilizado por este veículo no transporte do óleo usado?	
Saída da instalação	
Qual o tipo de veículo utilizado no transporte do óleo usado pré-tratado para Tracemar e Enviroil?	
Qual o combustível utilizado por este veículo no transporte do óleo usado pré-tratado?	
Qual o tipo de veículo utilizado no transporte das lamas?	
Qual o combustível utilizado no transporte das lamas?	
Onde se localiza a indústria de co-incineração para onde são reencaminhadas as lamas?	
Qual o tipo de veículo utilizado no transporte dos solventes que são encaminhados para a Ecosocer?	
Qual o combustível utilizado por este veículo no transporte dos solventes?	
A Energia Eléctrica (EE) é fornecida por que entidade?	
De onde provêm as várias fontes energéticas?	

			Unidade	Quantidade	
Matéria-prima					
Óleo usado			t/ano		
Água			m³/ano		
Azoto líquido			m³/ano		
Materiais subsidiários e Energia					
Energia Eléctrica (EE)			kWh		
Fuel			t/ano		
Gasóleo			t/ano		
Fonte Energética (FE)*					
Combustível automóvel			L/ano		
Resíduos e Emissões					
Água			m³/ano		
Água Oleosa			m³/ano		
Poluentes Atmosféricos	CO ₂		mg/m³		
	CO				
	NO _x				
	SO _x				
	Solventes/COV				
	CH ₄				
	N ₂ O				
	Outros:				
	Metais Pesados	Pb			
		Cd			
		Hg			
		Outros:			
PM ₁₀					

	Outras partículas:		
Sedimentos/Lamas		t/ano	
Produtos e Co-produtos			
Óleo usado pré-tratado		t/ano	

*Especifique o tipo de fonte energética, bem como a unidade em que é medida e a sua quantidade. (Exemplo: Combustíveis Fósseis (t), Combustíveis Alternativos (t), Energia Eléctrica (kWh), Energia Térmica (MJ)).

ANEXO H – SEGUNDO QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A ARGEX



Layout do processo.

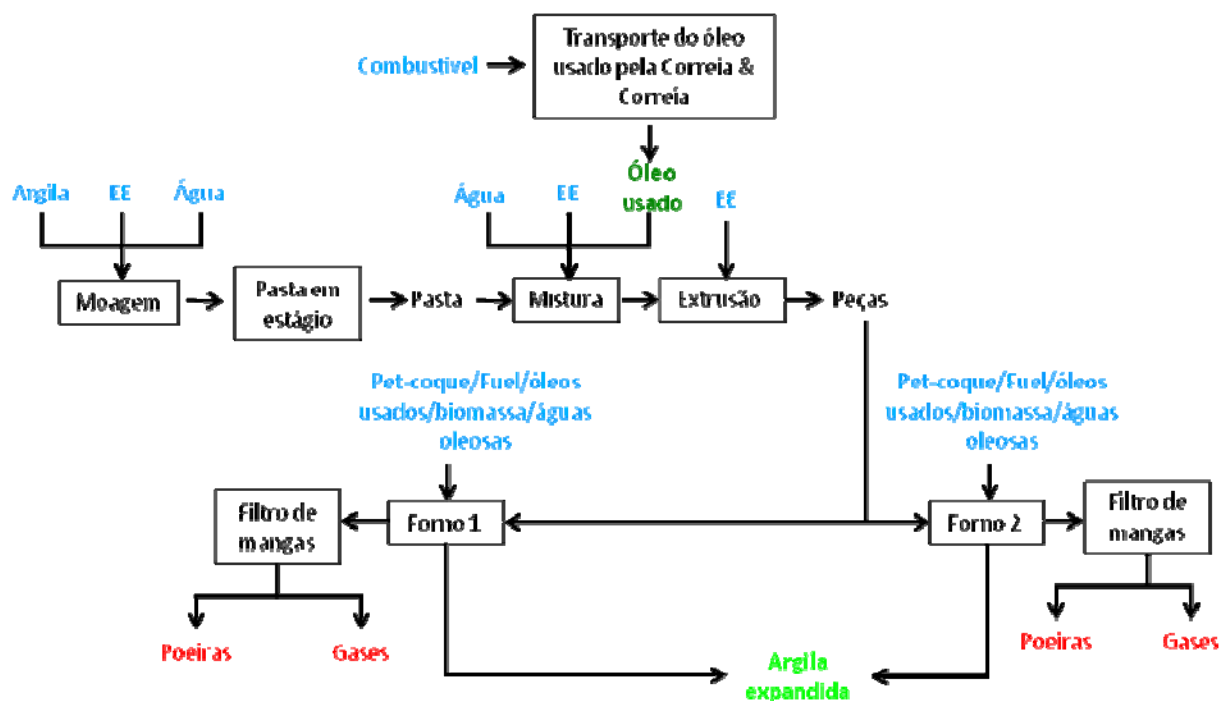
Agradecemos a confirmação do *layout* do processo, bem como as entradas e saídas em cada etapa nas tabelas seguintes (ano de referência: 2007):

A Energia Eléctrica (EE) é fornecida por que entidade?	
De onde provêm as várias fontes energéticas?	

			Unidade	Quantidade
Matéria-prima				
Argila			t/ano	
Óleo usado pré-tratado			t/ano	
Água			m³/ano	
Pó de Pedra			kg/ano	
Materiais subsidiários e Energia				
Energia Eléctrica (EE)			kWh	
Pet-Coque			t/ano	
Nafta			t/ano	
Resíduos e Emissões				
Poluentes Atmosféricos	NOx		mg/m³	
	SOx			
	COVs			
	CO ₂			
	N ₂ O			
	CH ₄			
	CO			
	Outros:			
Metais Pesados	Pb			
	Cd			
	Hg			

		Outros:		
	PM ₁₀			
	Outras partículas:			
Produtos e Co-produtos				
Argila Expandida			t/ano	

ANEXO I – SEGUNDO QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A MAXIT



Layout do processo.

Agradecemos a confirmação do *layout* do processo, bem como as entradas e saídas em cada etapa nas tabelas seguintes (ano de referência: 2007):

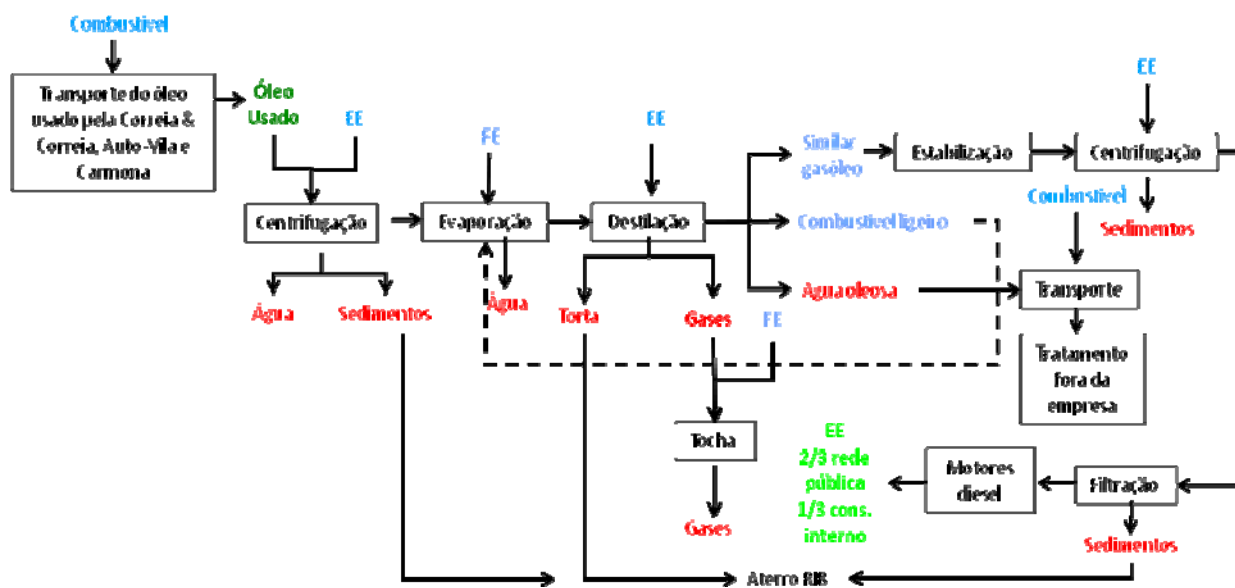
Chegada à instalação	
A Energia Eléctrica (EE) é fornecida por que entidade?	
De onde provêm as várias fontes energéticas?	

		Unidade	Quantidade
Matéria-prima			
Óleo usado pré-tratado		t/ano	
Água		M ³ /ano	
Argila		t/ano	
Materiais subsidiários e Energia			
Energia Eléctrica (EE)		kWh	
Fuel		t/ano	
Pet-Coque		t/ano	
Óleo usado pré-tratado		t/ano	
Biomassa		m ³ /ano	
Águas oleosas		m ³ /ano	
Resíduos e Emissões			
Poluentes Atmosféricos	NO _x	mg/m ³	
	SO _x		
	COV		
	CO ₂		
	N ₂ O		
	CH ₄		
	CO		
	Outros gases:		
Metais	Pb		

	Pesados	Cd		
		Hg		
		Outros:		
	PM ₁₀			
	Outras partículas:			
Produtos e Co-produtos				
Argila expandida		t/ano		

ANEXO J – SEGUNDO QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A ENVIROIL

Qual o critério de classificação desta unidade como uma indústria de reciclagem, uma vez que o objectivo final é a produção de energia eléctrica?



Layout do processo.

Agradecemos a confirmação do *layout* do processo, bem como as entradas e saídas em cada etapa nas tabelas seguintes (ano de referência: 2007):

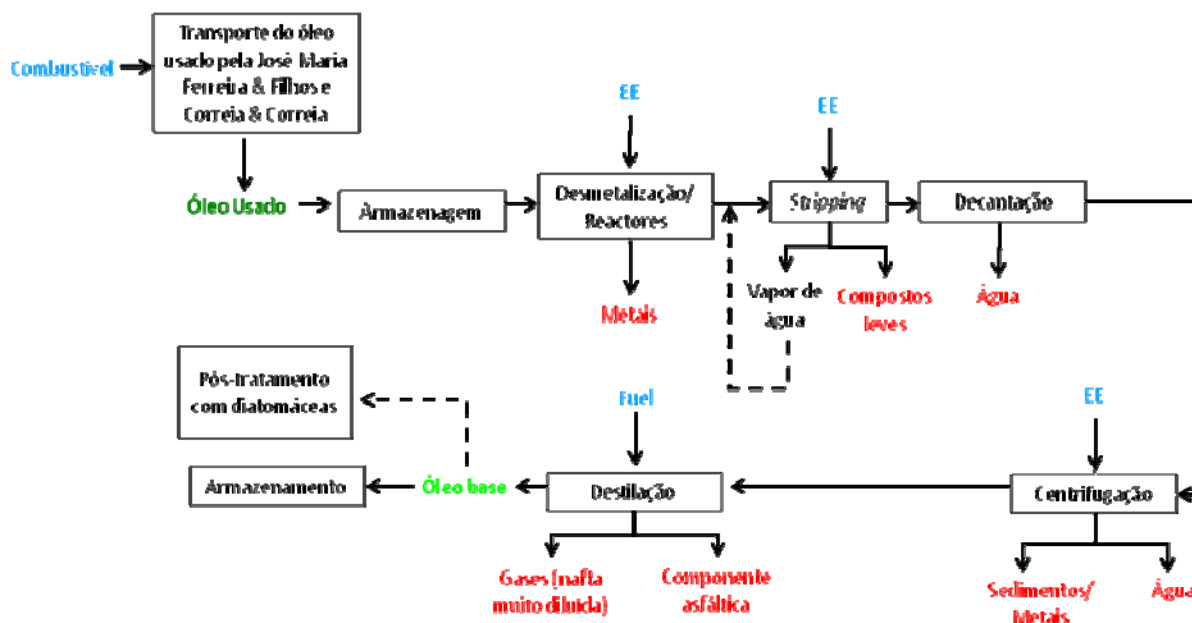
Saída da instalação	
Qual o tipo de veículo utilizado no transporte da água oleosa?	
Qual o combustível utilizado no transporte da água oleosa?	
Onde é efectuado o tratamento da água oleosa?	
Qual o tipo de veículo utilizado no transporte da torta/sedimentos?	
Qual o combustível utilizado no transporte da torta/sedimentos?	
Onde se localiza o aterro de RIB?	
A Energia Eléctrica (EE) é fornecida por que entidade?	
De onde provêm as várias fontes energéticas?	

		Unidade	Quantidade
Matéria-prima			
Óleo usado pré-tratado		t/ano	
Materiais subsidiários e Energia			
Energia Eléctrica (EE)		kWh	
Combustível Ligeiro		t/ano	
Similar Gasóleo		t/ano	
Fonte Energética (FE)*			
Resíduos e Emissões			
Água		M ³ /ano	
Água Oleosa		M ³ /ano	
Torta		t/ano	

Sedimentos		kg/ano		
Poluentes Atmosféricos	NO _x			
	SO _x			
	CO ₂			
	COVs			
	CO			
	CH ₄			
	N ₂ O			
	Outros:			
	Metais Pesados	Pb	mg/m ³	
		Cd		
		Hg		
		Outros:		
PM ₁₀				
Outras partículas:				
Produtos e Co-produtos				
Energia Eléctrica (EE)		kWh		

*Especifique o tipo de fonte energética, bem como a unidade em que é medida e a sua quantidade. (Exemplo: Combustíveis Fósseis (t), Combustíveis Alternativos (t), Energia Eléctrica (kWh), Energia Térmica (MJ)).

ANEXO K – SEGUNDO QUESTIONÁRIO ENVIADO PARA A TRACEMAR



Layout do processo.

Agradecemos a confirmação do *layout* do processo, bem como as entradas e saídas em cada etapa nas tabelas seguintes (ano de referência: 2006):

Chegada à instalação	
A Energia Eléctrica (EE) é fornecida por que entidade?	
De onde provêm as várias fontes energéticas?	
Qual o processo de desmetalização do óleo usado pré-tratado?	
A nafta é vendida ou é reutilizada no próprio processo? Em caso de ser vendida, onde se localiza a entidade para onde é reencaminhada a nafta? É transportada através de que empresa?	
A componente asfáltica é vendida? Ou para onde esta é encaminhada?	
Para onde são encaminhados os compostos leves e os metais/sedimentos?	
Qual o tipo de veículo utilizado no transporte dos compostos leves e metais/sedimentos?	
Qual o tipo de combustível utilizado no transporte dos compostos leves e metais/sedimentos?	

	Unidade	Quantidade
Matéria-prima		
Óleo usado pré-tratado	t/ano	
Materiais subsidiários e Energia		
Energia Eléctrica (EE)	kWh	
Fuel	t/ano	
Fonte Energética*		
Resíduos e Emissões		
Água	m ³ /ano	
Sedimentos/Metais	kg/ano	

Componente asfáltica			t/ano	
Poluentes Atmosféricos	CO ₂		mg/m ³	
	CO			
	NO _x			
	SO _x			
	COVs			
	CH ₄			
	N ₂ O			
	Compostos Leves			
	Nafta Diluída			
	Outros:			
	Metais Pesados	Pb		
		Cd		
		Hg		
		Outros:		
	PM ₁₀			
Outras Partículas:				
Produtos e Co-produtos				
Óleo base	Nafta		t/ano	
	SN-80 (Eco-80)		t/ano	
	SN-150 (FL-150)		t/ano	
	SN-350 (FP-350)		t/ano	

*Especifique o tipo de fonte energética, bem como a unidade em que é medida e a sua quantidade. (Exemplo: Combustíveis Fósseis (t), Combustíveis Alternativos (t), Energia Eléctrica (kWh), Energia Térmica (MJ)).